MEMOIRE

SUR

LES DÉPOTS MÉTALLIFÈRES

DE LA SUEDE ET DE LA NORVÉGE.



PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
rue Racine, 28, près de l'Odéon.

4

MÉMOIRE

SUR

LES DÉPOTS MÉTALLIFÈRES

DE LA SUÈDE ET DE LA NORVÉGE.

PAR M. A. DAUBRÉE,

INGÉNIEUR DES MINES,

ET PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES A STRASBOURG.

Extrait du Tome IV des Annales des mines, 1843.

PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, 39 et 41.

1843



MÉMOIRE

SUR

LES DÉPOTS MÉTALLIFÈRES

DE LA SUÈDE ET DE LA NORVÉGE.

La Scandinavie est une contrée classique, à différents titres, pour les géologues et en particulier pour les mineurs. C'est principalement dans le but d'en étudier les gîtes métallifères que j'y ai entrepris un voyage l'an dernier avec l'autorisation de M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics But du mémoire.

L'excellent voyage de M. le professeur Hausmann (1) et la géographie minéralogique de la Suède par M. Hisinger (2), renferment déjà de précieux documents sur beaucoup de districts de mines; M. de Buch a aussi décrit quelques dépôts métalliques de cette contrée. Cependant j'ai eu occasion de recueillir un certain nombre d'observations nouvelles sur le sujet spécial qui m'attirait dans le Nord, particulièrement dans les mines des environs d'Arendal, dans celles de Skuterud, de Sahla et de Fahlun. Je ne me suis pas borné à consigner ici ces observations; j'ai cherché, en les coordonnant avec d'autres déjà publiées, particulièrement par les deux savants que je viens de citer, à présenter un aperçu

---

(1) *Reise durch Scandinavien in den Jahren* 1806 *und* 1807.

(2) *Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden*, *übersetz von Wöhler* 1826.

sur l'ensemble des dépôts métallifères de la Scandinavie, qui sont depuis longtemps célèbres par leur abondance, leur richesse et par les raretés minéralogiques qu'ils ont produites. Comme des généralités n'auraient pu suffire pour donner une idée précise de ces gîtes variés, j'ai dû citer quelques exemples, ce que j'ai fait aussi succinctement que possible, et en me bornant aux faits les plus caractéristiques. Ce rapprochement fait ressortir différents faits généraux qui reposent sur l'examen de quelques centaines d'exemples. Il en résulte en outre quelques considérations théoriques sur ce sujet encore obscur, qui ne seront peut-être pas inutiles dans une histoire générale des dépôts métallifères.

En coordonnant ici quelques-uns des résultats de mon voyage, j'éprouve le besoin de témoigner publiquement ma gratitude à tous ceux qui ont bien voulu m'aider de leurs renseignements ou de leur appui, particulièrement à M. le comte de Loewenhielm, M. le ministre de l'intérieur Fåhreus, et surtout à M. Berzélius.

Nous passerons successivement en revue les mines de fer, de cuivre, de cobalt, de plomb, d'argent et d'or; mais avant de parler des mines, il convient d'abord de jeter un coup d'œil sur la constitution du sol scandinave.

APERÇU SUR LA GÉOLOGIE DE LA SCANDINAVIE ET SUR LES PRINCIPAUX DISTRICTS DE MINES.

Du gneiss et des autres roches schisteuses cristallines.

Le gneiss et les roches schisteuses cristallines qui l'accompagnent habituellement, constituent la plus grande partie de la Suède et de la Norvége, et s'étendent même sur une partie de la Finlande. Le micaschiste, qui n'a qu'une étendue

très-restreinte dans les plaines et les régions basses de la Suède, constitue une partie de la chaîne alpine, au nord de la province de Herjedal, et elle occupe aussi une portion du Jemtland.

La direction plus habituelle de ces roches schisteuses va de nord-nord-est à sud-sud-ouest, ou de nord-est à sud-ouest; mais il y a de nombreuses variations. Leur inclinaison est encore plus inconstante; cependant M. Hisinger a fait la remarque intéressante qu'en Suède les feuillets sont plus voisins de l'horizontalité dans les régions culminantes du pays, que dans les contrées de collines et de plaines où l'inclinaison se rapproche de la verticale.

Veines granitiques qui traversent le gneiss.

Des veines de nature granitique, de forme très-irrégulière, traversent fréquemment le gneiss, dont elles coupent nettement les feuillets en empâtant des fragments tout à fait anguleux de cette roche (*fig.* 1, *Pl. IV*). Quelquefois cependant, et à quelques mètres d'une séparation parfaitement tranchée, on voit les deux roches passer de l'une à l'autre par l'intermédiaire d'un granite à grains fins. Ces petits filons ne se prolongent jamais sur une grande étendue : dans la contrée de Stockholm, où ils sont fort nombreux, il est rare qu'on puisse les suivre sur plus de 50 mètres de longueur.

Abondance de l'oligoclase.

L'oligoclase qui, il y a peu de temps encore, avant que sa présence fût signalée dans divers granites par M. Gustave Rose, passait pour un minéral rare, est très-abondamment répandu dans une partie des roches primitives de la Suède. Aux environs de Stockholm, il entre comme élément constituant dans beaucoup des veines granitiques dont je viens de parler et dans le gneiss

qui en est traversé; d'après une communication que M. Swanberg a bien voulu me faire, le gneiss de la région littorale de la Baltique, depuis Gelfle jusqu'à Calmar, sur un développement de plus de 150 lieues, renferme surtout de l'oligoclase, tandis que l'orthose y est rare. Celles que j'ai visitées, parmi les nombreuses îles qui bordent cette côte, Utö par exemple, sont elles-mêmes en grande partie formées par ce même minéral. Il se trouve aussi dans le gneiss de la Norvége en quelques localités, entre autres dans l'île de Tromöe, près d'Arendal.

Minéraux variés renfermés dans ce terrain

C'est dans ces petits filons du gneiss que sont disséminés les minéraux rares que l'on cite quelquefois comme renfermés dans le gneiss lui-même. Ainsi, ce sont eux qui, à Finbo et dans quelques localités des environs de Fahlun contiennent la gadolinite, l'orthite, la pyrorthite, l'émeraude, la topaze, le zircon, le grenat, le tantalite, l'yttrotantale, l'étain oxydé, la chaux fluatée, l'yttrocérite, le fluorure double de cérium et d'yttria, les fluorures de cérium neutre et basique, le bismuth natif. En beaucoup de lieux de la contrée de Stockholm, surtout à Ytterby et dans plusieurs localités de la Norvége, entre autres à Hitteröe et dans les environs d'Arendal, on a rencontré aussi la plupart de ces minéraux, ainsi que l'allanite et l'yttria phosphaté, au milieu de veines de granite à très-grands cristaux. L'abondance avec laquelle des minéraux, si rares dans le reste de l'Europe, sont répandus dans le gneiss de la Scandinavie, en forme un des traits caractéristiques.

Amas métallifères subordonnés au gneiss.

Mais ce qui rend particulièrement remarquable le terrain de gneiss de ce pays, ce sont les nom-

breux amas métallifères qui lui sont subordonnés. Ces gîtes, qui renferment des minerais de fer, de cuivre, de cobalt, plus rarement de plomb, associés à diverses raretés minéralogiques, seront décrits plus loin avec détail.

Calcaires et dolomies du gneiss.

Le même terrain est encore riche en amas de calcaire cristallin. Dans ces amas, le carbonate calcique est tantôt pur, tantôt combiné aux carbonates magnésique, ferreux, manganeux, et ce sont quelquefois de véritables dolomies. Il n'est pas rare que ces amas soient associés aux gîtes métallifères, comme cela a lieu à Utö, Dannemora, Långsbanhytta, Tunaberg, Håkansboda, etc.

Ces calcaires et dolomies renferment des minéraux variés, dont les principaux sont le spinelle, l'amphibole, le pyroxène, le grenat. Les dolomies de Tromsoë en Norvége, dans lesquelles M. de Buch (1) a indiqué des tourmalines vertes, des corindons, de l'apatite, de la cyanite, paraîtraient avoir de l'analogie avec la dolomie du Saint-Gothard.

Probabilité de l'origine sédimentaire du gneiss.

La présence de l'anthracite dans de nombreux amas métallifères (2) qui sont enclavés dans le gneiss de la Suède et de la Norvége, l'existence d'une matière charbonneuse dans le calcaire de Dannemora (voyez page 223), portent à regar-

---

(1) Compte rendu des travaux de l'Académie des sciences, tome 6, page 549.

(2) Si, en Scandinavie, l'anthracite n'a été signalée jusqu'ici que dans les dépôts métallifères, cela paraît résulter seulement de ce qu'en dehors des exploitations de mines le sol n'a point été fouillé avec autant d'attention; mais on a rencontré le graphite dans le gneiss non métallifère, à Gillersmarksberg et à Löfswed, paroisse de Norberg, en Westmanie, où on l'exploite.

der ce terrain si étendu en Scandinavie et en Finlande comme déposé par voie sédimentaire, lorsqu'il existait déjà des végétaux à la surface du globe. C'est aussi la conclusion que M. Élie de Beaumont a rendue très-vraisemblable pour le gneiss des Vosges (1) et pour celui d'autres localités. Il paraît d'ailleurs que dans le Juntland et quelques autres provinces, le gneiss se lie au schiste argileux (*thonschiefer*); mais ces roches schisteuses anciennes sont en discordance de stratification avec les couches fréquemment horizontales du terrain silurien, et constituent par conséquent un système à part.

Terrain de transition fossilifère.

Le terrain de transition fossilifère, qui constitue en Suède et en Norvége plusieurs vastes lambeaux superposés au gneiss, consiste en grès et en conglomérats, connus sous le nom de grauwacke, en schistes argileux, quelquefois bitumineux et alunifères, et en calcaire. Sur quelques points, ces couches renferment de nombreux fossiles qui caractérisent le système silurien : leur position est ordinairement voisine de l'horizontalité.

Terrains plus récents.

On trouve en outre dans la région méridionale une succession de couches qui appartiennent aux terrains houiller, tryasique, liasique et crétacé (2).

Granite et syénite zirconienne.

Des protubérances granitiques de dimensions variables s'élèvent çà et là au milieu du gneiss. Dans le sud-est de la Norvége, le granite passe accidentellement à la syénite zirconienne; cette roche, qui n'a pas été observée ailleurs sur une telle

(1) Explication de la Carte géologique de France, tome I, p. 514.

(2) *Hisinger mineralogische Geographie von Schweden.*

étendue, est principalement développée aux environs de Friedrikswärn et dans la contrée de Christiania. Dansla première localité, elle abonde en minéraux remarquables, parmi lesquels, outre le zircon, qui y est extrêmement abondant, on doit citer les suivants : la thorite, le polymignite, le pyrochlore, l'yttrotantalite, le leucophane, la vöhlérite, l'ægyrine, la mosandérite, l'esmarkite, la vernérite, la néphéline, l'analcime, la mésotype et le spath fluor.

Bien que le granite paraisse passer graduellement à cette roche, il ne renferme pas cet ensemble de minéraux qui ont rendu célèbre la syénite zirconienne. Il est remarquable que ceux-ci n'ont pas été rencontrés, même en petites parcelles, dans les variétés de la même roche qui ne sont pas à grands cristaux.

M. Hausmann a aussi trouvé de petits zircons avec du fer titané dans une syénite de la Dalécarlie (1).

Roches plutoniques.

Le gneiss est encore percé en un grand nombre de lieux par d'autres roches plutoniques de nature variée; ce sont les diorites, les roches hypersthéniques, les euphotides, les serpentines, les trapps, les porphyres quartzifères, les mélaphyres et les basaltes. Ces épanchements sont fréquents aux environs de Christiania et en Scanie; près de Stockholm, on connaît une trentaine de filons de roches trappéennes dont chacun n'a que de faibles dimensions; plusieurs de ces filons paraissent être des roches hypersthéniques compactes.

Traces du phénomène erratique.

Quand on jette un coup d'œil sur des cartes de la péninsule scandinave, on peut être étonné du nombre énorme de lacs épars à sa surface et des

(1) *Scandinav. Reise*, V, page 235.

myriades d'îles qui bordent une partie de son littoral. Examiné dans ses détails, le relief de cette contrée n'est pas moins digne d'intérêt que par son ensemble : les proéminences partiellement arrondies, cannelées, polies ou striées, qui surgissent au milieu de puissantes accumulations de débris de transport, doivent frapper d'étonnement l'observateur qui n'est pas né dans ces contrées. Aussi, est-ce un savant étranger, M. Alexandre Brongniart, qui a particulièrement attiré l'attention sur les effets gigantesques du phénomène erratique dans le Nord.

Changement de niveau de la péninsule.

Enfin, en plusieurs régions basses de la Norvége et de la Suède, sont de vastes dépôts d'argile et de sable, qui ont été formés avant que la péninsule atteignît son niveau actuel, et postérieurement au diluvium. C'est une des preuves des changements de niveau si remarquables, que cette contrée a éprouvés tout récemment, et qu'elle subit encore aujourd'hui.

Distinction des dépôts métallifères des deux royaumes en 5 catégories.

Les gîtes exploités dans les deux royaumes, peuvent être partagés en cinq catégories.

1° Les dépôts ferrifères, qui aujourd'hui encore continuent à se former dans le sein des marais et des lacs (*myrmalm*, *seemalm*).

2° Les filons proprement dits (*gaenge*).

3° Les amas de contact situés vers la jonction des terrains de transition et des roches ignées.

4° Les amas incorporés dans les roches ignées, tels que les amphibolites.

5° Les amas enclavés et intimement soudés dans le gneiss.

Parmi ces différentes formes, c'est la dernière qui est sans comparaison la plus fréquente; plus

des $\frac{19}{20}$ des richesses métallifères de la Suède constituent des amas enclavés dans le gneiss, et nulle part sans doute en Europe, les dépôts de cette sorte ne sont si nombreux et si développés que dans ce pays.

Coup d'œil sur la distribution géographique des mines en Suède et en Norvége.

Les principaux districts de mines sont, en Suède :

1° La Laponie de Torneo et celle de Luleo. Parmi les nombreux amas de minerai de fer, que renferment ces provinces, quelques-uns, ceux de Gellivara, de Kierunavara et de Luossavara, dépassent, par leurs dimensions gigantesques, tous les autres dépôts du même genre, exploités en Europe. Il y a aussi dans les mêmes districts un assez grand nombre de gîtes de cuivre ; plusieurs d'entre eux, près du Sulitelma, renferment du sulfure de plomb argentifère. Mais l'exploitation de ces richesses est actuellement entravée par l'absence des voies de communication.

2° Il existe dans l'Herjedal des mines de cuivre et de fer, qui se relient au groupe de celles exploitées principalement pour cuivre en Norwége, dans le massif du Dower, aux environs de Röraas, et jusque dans la contrée de Trondhjem.

3° Au sud des mines de cobalt de Loos, en Helsingland, on trouve en Dalécarlie, surtout dans les environs de Fahlun, de Grangjärde, de Garpenberg et de Norberg, une agglomération d'un grand nombre de gîtes de fer et de cuivre, dans lesquels il existe du plomb argentifère. Ce groupe, qui s'étend jusque sur une partie de la Westmanie, et qui comprend les filons de plomb et d'argent de Sahla, est, avec celui de la Laponie, le plus riche de la Suède.

4° Les gîtes de la Wermlandie, particulièrement concentrés aux environs de Philippstadt, et ceux

de la Néricie, sont presque exclusivement exploitées pour fer, si l'on excepte les mines de Vena, aujourd'hui les plus importantes du royaume pour l'extraction du cobalt. Au sud-ouest de celles-ci, en Dahlsland, se trouvent quelques mines de fer et de plomb argentifère.

5° L'Uplande et la partie adjacente de la Sudermanie renferment quelques mines de fer, dont les principales sont celles de Dannemora.

6° Les environs de Tunaberg présentent, dans un cercle restreint, une association remarquable d'amas de fer, de cuivre, de cobalt, de plomb et d'argent.

7° Enfin, au sud du groupe précédent, il n'y a guère à citer que les mines de fer du Taberg en Smolande et celles d'or d'Eidsfoss, depuis longtemps abandonnées. Le minerai de fer, qui se précipite journellement encore dans le sein d'un grand nombre de lacs, est particulièrement abondant en Smolande.

En Norvége, les principaux groupes métallifères sont :

1° Les mines de cuivre de Kaafjord et de Raipas, en Finmark, non loin du 70° degré de latitude, les plus septentrionales du monde, et qui, depuis quelques années, sont très-productives.

2° La province méridionale du Trondhjem renferme différents gîtes de cuivre et de fer; les amas de Röraas sont aujourd'hui, avec les filons du Finmark, les mines de cuivre les plus activement exploitées en Norwége. Le fer chrômé est exploité dans la contrée de Roraas, particulièrement à Tönset.

3° Il a existé, dans la Haute-Tellemarken, des mines nombreuses de cuivre et de fer, qui ont été

principalement travaillées dans le dix-septième et le dix-huitième siècle.

4° Les gîtes de fer, si répandus en Suède, ne sont vraiment abondants en Norvége qu'aux environs d'Arendal, dans une zone étroite qui longe la mer.

5° C'est dans la province de Buskerud, non loin de Christiania, que se trouvent les célèbres mines d'argent de Kongsberg, et celles de cobalt de la paroisse de Modum.

Les petits gîtes exploités pour plomb, argent, cuivre et fer, dans le terrain de transition de Christiania et près de Skeen, n'ont que peu d'importance. Un assez grand nombre de mines aujourd'hui abandonnées, sont en outre disséminées dans le sol de la Norvége méridionale (1).

Époque de la découverte des principales mines.

Beaucoup des amas métallifères de la Suède sont trop apparents pour qu'ils n'aient pas été remarqués et utilisés depuis longtemps par les habitants. En effet, dès le douzième siècle, l'évêque Engel de Vesterås faisait travailler aux mines de cuivre de Garpenberg en Dalécarlie, qui étaient alors très-productives (2). L'origine des mines d'argent et de plomb de Sahla paraît remonter à une époque non moins reculée; car, en 1282, le roi Magnus Ladulås concéda des priviléges aux exploitants (3), parce que, est-il dit dans l'acte, les anciens titres étaient égarés. On prétend que les premiers indices des filons de cette dernière localité furent découverts, sous un arbre déraciné,

(1) Voyez, pour l'énumération de ces mines, *Reise noch hohen Norder von Vargas Bedemar*, 1819.

(2) *Cronstedt's Mineral-geschichte über das Westmanländische und Dalecarlische Erzgebirge.*

(3) Description de la ville de Sahla par Norlin (en suédois), 1842.

par l'un des chefs esthoniens qui envahirent la Westmanie en 1187, sous Kanut Ericson. Comme dans beaucoup d'autres contrées, le fer ne fut exploité que postérieurement aux métaux plus précieux et moins difficiles à extraire. Les plus anciens titres des mines de Dannemora sont datés de 1481.

C'est seulement quelques siècles plus tard qu'en Suède, que les Norvégiens commencèrent à tirer parti des richesses minérales de leur sol. Pendant longtemps, le gouvernement danois, par une politique bizarre, chercha à étouffer ce genre d'industrie, ainsi qu'il résulte des instructions de la reine Marguerite à son successeur, Éric de Poméranie. Le roi Christian II chercha le premier à développer cette ressource; pour cela il fit venir des mineurs d'Allemagne, qui s'établirent aux environs de Trondhjem; plus tard d'autres mineurs, appelés par Christian III, explorèrent la Haute-Tellemarken, et ils apportèrent, en même temps que leur industrie, la législation des mines de leur patrie. Les minerais de fer, dits des marais, aujourd'hui abandonnés en Norvége, furent exploités avant les minerais en roche. C'est en 1623 qu'un pâtre, dit-on, découvrit les trésors de Kongsberg. L'ouverture des mines de cobalt de Skutterud date seulement de 1772.

Du mode d'exploitation.

Les procédés d'exploitation des mines des deux royaumes sont si simples et si analogues à ceux usités en Allemagne, que je n'en dirai ici que quelques mots. Les amas proprement dits, qui sont le plus souvent verticaux et puissants, sont exploités à ciel ouvert. On descend graduellement par des entailles faites en échelon, suivant la méthode dite par gradins, et l'on pousse çà et là de

petites galeries latérales, pour enlever des ramifications de minerai. De là l'aspect imposant de plusieurs de ces mines, qui, comme à Dannemora ou à Utö, ont l'aspect de vastes gouffres dont l'œil ne peut mesurer la ténébreuse profondeur. Les gîtes en filons sont exploités, comme à l'ordinaire, par gradins droits ou renversés.

Fréquemment on abat le minerai à l'aide du feu, c'est-à-dire en disposant le long des parois de la roche à abattre, des bûchers que l'on allume, afin d'en altérer la solidité ; cependant, depuis que le prix du bois est accru, on a substitué à ce procédé, qui était autrefois très-employé, l'abattage au pic ou celui à la poudre.

L'extraction se fait à l'aide de treuils, mus à bras d'homme ou par des chevaux. Des pompes ou des tonnes, mues par des roues hydrauliques, servent à l'épuisement des eaux, quand on ne peut leur ouvrir un écoulement naturel par les galeries. La première machine à vapeur établie en Suède fut placée sur les mines de Dannemora, en 1794.

DES GÎTES DE FER.

Quatre catégories de gîtes de fer.

Les mines de fer exploitées en Scandinavie appartiennent à quatre catégories ; ces gîtes sont :

Ou subordonnés au gneiss,

Ou incorporés dans les roches plutoniques,

Ou sous la forme d'amas de contact,

Ou déposés dans les lacs ou dans les marais.

Les premiers, sans comparaison, les plus importants par leur abondance et par leur richesse, sont aussi ceux sur lesquels nous nous étendrons particulièrement.

1° *Des gîtes de fer subordonnés au gneiss.*

Les amas de ce genre, si richement répartis dans la Vermlandie, la Dalécarlie, la Vestmanie et une partie de la Laponie suédoise, ne sont abondants en Norvége que dans les environs d'Arendal et de Fossum. Mais il en est encore qui sont disséminés en dehors des provinces que nous venons de citer; on en rencontre même presque en tout lieu des traces dans le gneiss de la Suède. Avant de faire connaître en quoi consiste généralement cette espèce de gîtes, nous jetterons un coup d'œil sur les exemples particuliers les plus propres à donner une idée de leurs caractères habituels et de leurs variations. Les amas des environs d'Arendal, ceux d'Utö, de Bastnaes et de Dannemora, peuvent être considérés comme les représentants des principales variétés qui se reproduisent, à de légères différences près, dans le reste de la Scandinavie.

Amas des environs d'Arendal.

Les gîtes exploitables des environs d'Arendal (1), au nombre de dix-huit, sont disposés suivant une zone étroite et rectiligne, qui s'étend parallèlement au littoral sur une longueur d'environ 20 kilomètres. Le gneiss, qui constitue la contrée, passe souvent au micaschiste ou au schiste amphibolique, dans leur voisinage immédiat.

---

(1) Le travail intéressant de M. Th. Scheerer, intitulé: *Geognostisch mineralogische Skizze gesammelt auf einer Reise auf der Sud Küste Norwegens*, qui contient beaucoup de details sur les environs d'Arendal, a paru dans le *Jahrbuch von Leonhard und Bronn*, année 1843, p. 63, quelque temps après que ce mémoire avait été rédigé et présenté à l'Institut; cependant il en a été extrait deux observations, comme on le verra plus loin.

Composition minéralogique.

Le minerai consiste toujours en fer oxydulé magnétique, habituellement sans mélange de peroxyde. Les gangues auxquelles il est le plus ordinairement associé sont le pyroxène granulaire ou coccolite, l'amphibole hornblende (1), le grenat, l'épidote, la chaux carbonatée lamellaire et les trois éléments du gneiss, particulièrement le mica (2). Toutes ces substances ne sont pas toujours simultanément réunies dans les mêmes amas; ainsi quand le calcaire manque, les silicates multiples calcifères, tels que le grenat, le pyroxène, l'épidote, manquent aussi, ou sont en général peu abondants. Le minerai et ses gangues ont souvent la structure schisteuse comme le gneiss; selon que l'une ou l'autre gangue prédomine par rapport aux autres, le minerai présente des aspects très-différents. Outre les minéraux qui viennent d'être cités, il en est d'autres, au nombre de près de trente espèces, qui ne se rencontrent qu'accidentellement.

Forme et dimensions.

Les amas sont aplatis en forme d'amande et alongés parallèlement aux feuillets de la roche encaissante. Dans leur section horizontale, ils se terminent en coin ou en se ramifiant; leur épaisseur moyenne, comprise entre 2 et 6 mètres, va accidentellement jusqu'à 20 mètres. Dans l'amas de Thorbjörnsboe, l'un des principaux, on a déjà enlevé un volume de minerai égal à environ 13 500 mètres cubes, et l'on est loin d'en atteindre la limite.

---

(1) Les variétés d'amphibole dites actinote et trémolite s'y trouvent plus rarement.

(2) Le feldspath de la variété adulaire s'y rencontre aussi.

Soudure du minerai avec la roche encaissante

Il est très-rare que le minerai proprement dit soit séparé par une limite bien tranchée de la roche schisteuse enveloppante. Celle-ci, par son contact avec le gîte, se charge fréquemment de mica, d'amphibole, d'épidote, de grenat, de calcaire, de fer oxydulé ou de quelques autres minéraux de l'amas; de manière que l'amas métallifère proprement dit forme en général le noyau d'une sorte d'*enveloppe* ou d'*écorce* par l'intermédiaire de laquelle cet amas se soude intimement au gneiss. Ce passage s'établit d'une manière variée : dans l'amas de Langsöe et de Ulve, où les gangues du fer oxydulé sont le pyroxène coccolite, l'amphibole hornblende, le mica verdâtre, le calcaire cristallin et le grenat, ces substances forment autour de l'amande ferrifère exploitée, un grand nombre de veinules qui sont parallèles aux feuillets du gneiss, comme le montre la *fig*. 2. La transition se fait d'une manière très-analogue à Thorbjörnsboe, qui est à un kilomètre de l'amas précédent. Le minerai *m* (*fig*. 3) est séparé du gneiss *gn* par une sorte d'écorce schisteuse $g'g'$, composée de grenat, d'amphibole et d'épidote; plus loin du noyau, les trois minéraux s'entremêlent graduellement aux feuillets du gneiss, sous forme de veines $g'g'g'$: tout le gîte, y compris l'écorce, a une puissance de 60 à 80 mètres. Les amas peu épais ne consistent, dans quelques-unes de leur parties, qu'en un gneiss traversé par des veinules de minerai.

Petits filons granitoïdes associés au minerai.

Plusieurs de ces amas, ou plutôt leurs enveloppes, sont en outre traversés par des veines ou de petits filons granitoïdes, qui se remarquent même de loin, à cause de la netteté avec laquelle ils se séparent de la roche schisteuse de l'amas.

Petits filons de Loerrestwed.

A Loerrestwed, où l'on peut les observer clairement sur les roches qui encadrent l'excavation, ces ramifications *r* (*fig.* 4) s'étendent à partir du minerai, en se divisant irrégulièrement, et en se terminant suivant une disposition qui rappelle le chevelu d'une racine. Leur aspect est celui d'une syénite à grands cristaux : outre le feldspath lamelleux, le quartz et le hornblende, ces veines contiennent du mica noir en lames d'une largeur de $0^m,06$ à $0^m,08$, de la chaux carbonatée, de l'apatite et du sphène ; c'est aussi le gisement habituel de la babingtonite, qui a été souvent déposée dans des géodes, à la surface de cristaux de feldspath, postérieurement à la solidification de ce dernier minéral. L'amphibole y affecte des contours anguleux, de même que dans le trachyte du Stenzelberg, dans le Siebengebirge. Ces veines ne dépassent que d'un très-petit nombre de mètres l'enveloppe de l'amas; celle-ci a 2 à 4 mètres d'épaisseur. Le gîte de Thorbjörnsboe est traversé par des filons granitiques plus étendus, sensiblement rectilignes et parallèles, au nombre de sept au moins (1). Ils contiennent du calcaire lamellaire et du grenat brun qui a la cassure et l'éclat vitreux de l'obsidienne. M. Scheerer y a aussi trouvé un minéral qui a les caractères de l'allanite.

Veines granitiques de Langsoë.

Un grand nombre de ces veines granitiques a été récemment mis à jour par l'exploitation, dans l'amas de Langsöe. Ainsi que le montrent les

(1) Parallèlement aux feuillets du gneiss, on peut observer des veines de forme lenticulaire de même nature que celles qui coupent ces feuillets.

fig. 5, 6 et 7, ces petits filons *g* se ramifient irrégulièrement dans l'enveloppe du minerai *g'*.

Leur composition minéralogique.

Ces filons ou veines granitoïdes traversent la roche amphibolique schisteuse qui entoure le minerai proprement dit. Le feldspath de ces petits filons forme des masses ayant souvent 3 à 4 décimètres en tous sens. Le quartz, qui disparaît totalement sur quelques points, se trouve ailleurs en amas aussi volumineux que le feldspath ; du mica en grands feuillets verts est clair-semé dans la roche. Accidentellement les deux premiers minéraux prennent la disposition caractéristique du granite graphique ; le granite renferme aussi de nombreuses cavités cristallines. J'ai trouvé en outre dans ces veines les minéraux suivants : le grenat brun foncé, ordinairement en cristaux isolés de 1 à 2 centimètres de diamètre : il diffère, comme à Thorbjörnsboe, d'une manière frappante du grenat de la roche avoisinante par une cassure vitreuse et fendillée, assez analogue à la cassure de l'obsidienne;

Le scapolite massif ou cristallisé, qui, dans le premier cas, peut être confondu avec le feldspath ;

L'épidote, qui est surtout accumulé près des parois des veines;

Le sphène, soit disséminé dans la masse du granite, soit en cristaux dans les géodes ;

Le fer oxydulé à cassure amorphe et quelquefois en fragments tout à fait anguleux, d'un diamètre de quelques centimètres ;

Le fer oligiste, seulement dans des géodes, en petits cristaux lenticulaires implantés sur le feldspath;

Le zircon, en petits cristaux bien nets, est en-

gagé presque constamment, non pas dans le granite même, mais dans des fragments anguleux, d'un vert foncé, à cassure caverneuse et cariée, qui sont empâtés dans le granite.

Enfin un minéral ayant les caractères de la gadolinite ou de l'orthite s'y trouve aussi en grains ordinairement petits et d'une abondance surprenante. Elle ne se rencontre que dans les parties du filon où le feldspath abonde ; celui-ci a ordinairement une structure rayonnée autour des grains de gadolinite.

La roche *g'* que ces petits filons traversent est un mélange, à petits grains ou compacte, d'amphibole hornblende, de grenat, d'épidote compacte et de fer oxydulé qui y est finement distribué; le tout a la structure schisteuse, comme le montrent les *fig.* 5, 6 et 7; les filons s'y ramifient très-irrégulièrement, en s'en séparant d'une manière fort nette, et ils en empâtent souvent des morceaux anguleux; de sorte qu'ils se sont certainement consolidés postérieurement à l'existence de la roche amphibolique.

Orthite et émeraude dans des veines analogues.

M. Scheerer a observé des veines granitiques qui renferment aussi un minéral analogue à l'orthite ou à la gadolinite dans d'autre mines des environs d'Arendal (1), à Alveholm dans l'île de Tromoë, dans celle de Buöe et au Solberg, près de Thorbjörnsboë; dans cette dernière localité, il a trouvé un cristal d'émeraude engagé dans la gangue granitique.

Les filons granitiques des amas des environs d'Arendal, particulièrement ceux de Langsöe, ressemblent beaucoup aux célèbres filons des environs de Fahlun, où l'on a trouvé tant de minéraux rares.

(1) Mémoire cité plus haut, pages 654 et 655.

Amas de Solberg, près de Nœs.

L'amas de Solberg, près Nœs, situé à 20 kilomètres au nord d'Arendal, diffère de ceux du groupe dont il vient d'être question.

Passage du gneiss à la pegmatite près du minerai.

Dans cette dernière localité, le fer oxydulé a pour enveloppe une syénite très-cristalline, qui passe accidentellement à la pegmatite (*fig.* 8); il forme au milieu de ces roches plusieurs grandes lentilles presque verticales, reliées par des veines latérales. Les roches, qui forment la matrice du minerai de fer, se fondent insensiblement dans le gneiss *g*, dès qu'elles deviennent stériles. Cependant, vers le haut des rochers escarpés qui dominent l'entrée de la mine, on observe un petit filon de fer oxydulé massif qui sort de la roche syénitique *p*, pour pénétrer dans le gneiss *gn*, dont elle coupe très-nettement les feuillets (*fig.* 8 *bis*). Il rappelle par sa forme les ramifications de certaines roches trappéennes.

Sa composition.

L'amas du Solberg contraste, par la simplicité de sa composition, avec ceux des environs d'Arendal, car il y a très-peu de mica; la pyrite de fer et la chaux carbonatée y sont rares; le grenat et le pyroxène ne s'y trouvent pas. Cependant, dans la partie supérieure de la mine, on a autrefois trouvé des zircons que l'on ne connaissait dans aucune autre mine de fer de la Scandinavie, avant qu'ils eussent été rencontrés à Langsöe; ces zircons, en petits cristaux bien nets, sont disséminés soit dans la syénite, soit dans l'oxyde magnétique. Dans le premier cas, les échantillons présentent une analogie frappante avec la syénite zirconienne de Friedrichswärn.

Présence du zircon.

La *fig.* 9 représente la coupe verticale d'un gîte très-analogue au précédent, situé aussi dans la montagne du Solberg, sur lequel on vient de com-

mencer des recherches. Le fer magnétique *m* y est en veines sensiblement parallèles et en mouches disséminées au milieu de la gangue syénitique *p* : celle-ci a 2 mètres d'épaisseur, et elle passe par degrés au gneiss *gn*, en même temps que le minerai disparaît.

Mine d'Utö.

L'île d'Utö, située dans l'archipel, à 6 lieues de Dalarö, est formée d'un gneiss riche en feldspath, qui est traversé par de nombreuses veines de granite à grands cristaux du genre de celles dont il a été question plus haut, page 201.

Nature du minerai.

Le minerai, qui atteint une puissance de 40 mètres, se compose d'un mélange de fer oxydulé et de fer oligiste; quelquefois ce dernier oxyde se montre en mouches cristallines au milieu de l'oxyde magnétique; plus ordinairement les deux éléments sont indistincts, et la présence du fer oligiste n'est décelée que par la teinte rougeâtre de la poussière.

Disposition rubannée de la gangue.

Un quartz jaspé coloré en rouge par l'oxyde de fer constitue la gangue ordinaire du minerai. A la mine de Nyköping, ce jaspe *j* a une structure remarquable (*fig.* 10): il forme avec le minerai une série de petites veines alternantes et parallèles, épaisses de 2 à 3 millimètres, dont la forme est fort sinueuse; souvent ces veines rubannées sont interrompues et comme déchirées, ainsi que l'indique la figure 10. On peut croire, d'après l'inspection de beaucoup d'échantillons, que, lors de la consolidation, le jaspe et l'oxyde de fer se sont séparés suivant des zones parallèles, disposition qui s'observe quelquefois aussi dans les roches plutoniques, comme, par exemple, dans le porphyre de Dobritz, près Meissen, en Saxe, puis, qu'un mouvement postérieurement survenu dans

cette masse encore pâteuse, a contourné, étiré ou déchiré ces veines.

De la roche à pétalite, triphane, lépidolite, tourmaline et oxyde d'étain.

Sur une partie de son étendue, l'amas de minerai est séparé du gneiss par du quartz corné d'un gris foncé; ailleurs, du calcaire blanc avec mica et amphibole actinote, ou du schiste amphibolique mélangé d'oxyde de fer forment le passage du gneiss au minerai.

Outre les deux oxydes de fer et le jaspe, qui sont les principaux éléments de l'amas d'Utö, on y a encore trouvé la pyrite de fer ordinaire, la pyrite magnétique, le fer arsenical, la galène, le cuivre sulfuré, l'argent natif disséminé dans le cuivre sulfuré et l'oxyde de fer, l'oxyde d'étain qui n'a pas été rencontré dans d'autres gîtes en Suède, l'épidote, l'apophyllite, la datholite, la tourmaline, le lépidolite, le pétalite et le triphane.

Minéraux renfermés dans le gîte d'Utö.

Ces quatre derniers minéraux, savoir : le pétalite, le triphane, le lépidolite et la tourmaline, sont abondamment disséminés dans une roche à texture granitoïde composée de quartz, d'orthose et de mica; les cristaux d'orthose atteignent jusqu'à 2 ou 3 décimètres de longueur. Cette roche, où l'oxyde d'étain est disséminé, forme des ramifications fort irrégulières qui coupent nettement la masse du minerai. Le plan et la coupe ci-joints (*fig.* 11 et 12) donnent une idée de ce que l'on peut observer, relativement à la disposition de ces veines sur les parois du gouffre imposant de la mine de Nyköping. Un diaphragme de plus de 25 mètres de longueur, qui sépare deux massifs de minerai aujourd'hui exploités, est entièrement formé de cette roche granitique *g*; *m* représente le minerai.

Les éléments de cette roche sont groupés en raison de leur fusibilité.

Il est à remarquer que cette roche curieuse passe, en plusieurs points, et notamment à son contact avec le minerai, à une roche granitoïde qui n'est plus formée que de quartz et d'orthose. Ainsi, le lépidolite et les autres silicates à base de lithine, qui sont les substances les plus fusibles de l'association, se trouvent concentrés vers le centre de l'amas, tandis que les minéraux les plus réfractaires (le quartz et l'orthose) se sont fixés vers les bords et en contact avec le minerai. Un tel triage doit tendre à s'opérer lors du refroidissement et de la cristallisation d'un assemblage d'éléments hétérogènes, et c'est effectivement ce que l'on peut observer dans beaucoup de roches plutoniques. Ainsi, dans la chaîne des Vosges, comme dans la contrée de Christiania, la syénite, habituellement pauvre en quartz, passe à un granite quartzeux près de son contact avec les roches antérieures.

Très-fréquemment, les grands cristaux d'orthose et quelquefois ceux de pétalite sont fissurés et traversés par de petites veines de lépidolite; ou bien encore, cette dernière substance est disposée en auréoles autour des cristaux de triphane, de telle sorte qu'il est évident que la lépidolite, qui est le minéral le plus fusible de cette réunion, a cristallisé après le feldspath et même aussi postérieurement au pétalite et au triphane. Très-souvent encore on trouve dans les fissures des enduits minces de chaux fluatée violette, qui s'y est, par conséquent, déposée quand la roche était déjà consolidée, comme celle qui s'observe dans le filon granitique de Finbo, près de Fahlun.

La roche à lithine dont il vient d'être question forme, au milieu du minerai, des ramifications

puissantes et irrégulières qui sont sans doute analogues aux petits filons des environs d'Arendal, qui contiennent le zircon, la gadolinite et le sphène.

Gisement de l'apophyllite.

C'est dans des petits filons qui traversent le minerai que l'apophyllite a été abondamment rencontrée. Elle était associée à de la chaux carbonatée et à du quartz cristallisé, transparent ou enfumé. La chaux carbonatée, d'une transparence quelquefois aussi parfaite que celle du spath d'Islande, s'y présente sous une variété de formes que l'on ne retrouve peut-être dans aucun autre gisement en Suède. Le principal de ces petits filons épais de 2 à 3 décimètres, a été reconnu sur 42 mètres de largeur et 48 de longueur.

Mine de Bastnäes, près Ridarrhytta.

La mine du mont Bastnäes, près de Ridarrhytta, en Westmanie, se distingue, de même que celle d'Utö, par la présence de plusieurs minéraux, qui n'ont été rencontrés nulle part ailleurs en Suède.

Le minerai, qui consistait principalement en fer oligiste et aussi en fer oxydulé magnétique, y était associé aux substances suivantes : amphibole actinote, asbeste, fer sulfuré, cuivre pyriteux, molybdène sulfuré, bismuth sulfuré, tellurure de bismuth, cobalt sulfuré (Co^2Su^3), cérite, cérine, carbonate et fluorure de cérium, bitume.

Gîte de Dannemora. Sa composition.

Nous citerons, comme dernier exemple, le gîte de Dannemora, le plus important du royaume par l'abondance et par la bonne qualité de son minerai. Sa puissance atteint 52 mètres vers le milieu; plusieurs amas se succèdent à des distances rapprochées, sur une longueur de 2 kilomètres.

Le fer oxydulé y est intimement mélangé à la chlorite, plus rarement à du calcaire; le minerai,

d'une couleur sombre et à grain fin, est traversé en tous sens par des fissures qui le partagent en petits polyèdres; les parois de séparation de ces polyèdres sont planes et habituellement revêtues d'un enduit brillant de chlorite qui y forme quelquefois aussi des veinules.

Calcaire de fer oxydulé et matière charbonneuse.

Sur une partie de son contour, l'amas est en contact aussi avec un calcaire gris foncé, assez analogue à celui des environs de Brevig en Norvége, qui appartient aux couches de transition. Ce calcaire est imprégné de fer oxydulé en grains très-fins, à peine visibles à l'œil nu, qui forment près des $\frac{4}{5}$ de son poids. Si l'on en sépare toutes les parties magnétiques, à l'aide du barreau aimanté, il reste une poussière grise; cette poussière consiste en un carbonate de chaux ferrifère, mélangé d'une matière charbonneuse, qui colore le résidu du traitement par l'acide chlorhydrique.

Le calcaire de Dannemora renferme aussi quelquefois de la pyrite de cuivre et de l'amphibole actinote.

Autres roches encaissantes.

Sur d'autres points, le minerai est avoisiné par une roche pétro-siliceuse, entremêlée de parties calcaires, assez analogue à celle de Sahla; çà et là, cette roche, que les mineurs comprennent sous la dénomination générique de *hälleflinta*, est porphyroïde: elle renferme des cristaux de feldspath à l'état nacré et des grains de quartz; elle a alors une grande ressemblance avec le porphyre brun de Framont.

Minéraux associés au minerai.

On trouve aussi, avec le minerai de Dannemora, la pyrite de fer, quelquefois en morceaux massifs d'un décimètre cube, la blende, la galène, le fer arsenical, le quartz, le grenat, l'amphibole, l'asbeste, la chaux carbonatée, la baryte sulfatée

qui est en général très-rare dans les mines de la Suède. Le bitume s'y rencontre, comme dans beaucoup d'autres amas, en gouttelettes superficielles ou renfermé dans de petites cavités sphéroïdales au milieu du quartz et de la chaux carbonatée, de telle sorte qu'il est évident qu'il a existé avant la cristallisation de ces deux substances.

Anthracite de Dannemora.

On a trouvé aussi quelquefois, au milieu du minerai de Dannemora, les morceaux d'un combustible que M. Hisinger a désigné sous le nom d'anthracite, mais qui, d'après l'examen chimique que j'en ai fait, se rapproche davantage de la houille. Cette houille, d'un noir foncé, est aigre, car il est difficile de la réduire en poussière dans un mortier sans qu'il y ait projection; quelques veines de quartz hyalin rougeâtre y sont mélangées. A la calcination, elle donne de l'eau acide et des produits bitumineux. Le résultat de l'incinération vu à la loupe présente des grains de quartz hyalin et une matière vert-pistache. Il y a montré une petite proportion de carbonate de chaux, qui fait faiblement effervescence quand on traite cette cendre par un acide. Les grains verts sont un silicate, renfermant de l'alumine et de l'oxyde ferreux.

J'ai trouvé dans un échantillon :

Eau et autres parties volatiles. .	0,218
Charbon.	0,492
Cendres.	0,290
	1,000

Ainsi, quoique le combustible se trouve dans des gneiss, accompagné de matières qui paraissent avoir subi une haute température, sa composition n'est pas celle de l'anthracite;

il se rapproche des houilles proprements dites.

Résumé des caractères généraux des amas de fer subordonnés au gneiss.

Après avoir signalé les exemples qui précèdent, nous pouvons résumer les caractères généraux des amas de fer subordonnés au gneiss.

De leur forme

Les sinuosités de leurs contours sont irrégulières comme celles des feuillets du gneiss. Abstraction faite de beaucoup d'inflexions, ces gîtes se terminent horizontalement par un amincissement graduel, et quelquefois après s'être partagés en plusieurs ramifications. Ils sont très-habituellement allongés dans le sens de la schistosité du terrain. Cependant la plupart d'entre eux sont beaucoup moins aplatis, comparativement à leur longueur, que les filons proprement dits.

De leurs dimensions.

Leurs dimensions sont tout aussi variables que leurs formes; on trouve un grand nombre de variations, depuis des rognons ou de petites veinules inexploitables, jusqu'aux gigantesques dépôts de Gellivara, en Laponie, qui ont 5,000 mètres de long sur 1,000 à 3,000 de large, en comprenant toutefois les lits de roche stérile qui sont interposés. Le gîte de Dannemora, probablement le plus considérable de la Suède, après ceux de la Laponie, est cependant bien au-dessous de ces derniers; il n'atteint au plus que 52 mètres de puissance. Je n'ai pu constater une limite bien certaine dans le sens de la profondeur, même dans des mines dont l'exploitation avait été abandonnée par suite de la disparition de l'oxyde de fer; cependant il paraît que l'on a rencontré du minerai en lentilles terminées de toute part, comme à Böe, près de Fossum en Norvége (1).

Ils sont souvent en files rectilignes.

Très-fréquemment, plusieurs de ces amas sont concentrés à côté les uns des autres; on en ren-

(1) Scheerer, mémoire cité, p. 635.

contre dix, vingt et davantage sur une étendue de quelques kilomètres carrés. Ils sont quelquefois disposés sans aucune régularité apparente, comme le montre la carte du district de Persberg et de Ingshytte (*fig.* 13 et 13 *bis*, *Pl. V*). Mais plus souvent ils sont groupés en files rectilignes, parallèles aux feuillets du gneiss, comme dans la paroisse de Grangjärde ou au Bispberg (*fig.* 14) en Dalécarlie, ou encore comme aux environs de Ridarrhytta (*fig.* 15).

Le minerai consiste en fer oxydulé quelquefois mélangé de fer oligiste.

Le minerai de fer, presque exclusivement répandu dans ces gîtes, est le fer oxydulé magnétique. Le fer oligiste ne se rencontre que dans un petit nombre de mines et ordinairement en faible quantité. Cependant il est assez abondant à Utö, à Långsbanhytta, au Bispberg, dans la paroisse de Norberg, dans celle de Gellivara et de Juckasjerwi en Laponie, et dans les environs de Grangjärde en Dalécarlie; une des mines de ce dernier district, celle de Håcksberg et l'un des amas du mont Bastnäes, en sont principalement formés. Ces deux oxydes se trouvent soit en mélange intime, soit séparés, et dans ce dernier cas il est à remarquer que le fer oligiste est habituellement associé à une gangue quartzeuse.

Manganèse, titane.

Le fer oxydé magnétique renferme ordinairement de 1/2 à 1 pour 100 d'oxyde de manganèse; celui de Dannemora en renferme plus que cette moyenne, et c'est sans doute une des circonstances qui rendent ce minerai si éminemment propre à la fabrication de l'acier. Il en est de même du minerai de Klapperud, paroisse de Fröskog, en Dahlsland. Le chrôme n'y a pas été observé. Le titane n'a jusqu'ici été reconnu que dans les minerais de trois localités; dans ceux de

Dahlsland, dans ceux de Taberg et à Ulfön, dans la paroisse de Noetera en Angermanie; le minerai de cette dernière localité est un véritable fer titané.

Minéraux métalliques et gangues ordinairement mélangés au minerai.

Le fer sulfuré cubique, le fer sulfuré magnétique, le cuivre pyriteux, la blende, sont les minéraux métalliques qui sont le plus habituellement et le plus abondamment mélangés au minerai.

Les gangues les plus ordinaires sont : la chaux carbonatée, qui est quelquefois magnésifère; le grenat, que l'on traite quelquefois comme minerai de fer; l'amphibole, le pyroxène, l'épidote, le mica, la chlorite, le talc, le quartz et plus rarement le feldspath. Toutes ces substances sont quelquefois simultanément réunies dans le même gîte, comme dans les environs de Philippstadt ou à Arendal; mais plus ordinairement, il s'y trouve seulement plusieurs d'entre elles, et, suivant que l'un ou l'autre minéral prédomine, il résulte une assez grande diversité dans la composition des gîtes; des amas très-voisins ou contigus ont souvent des gangues différentes.

Minéraux accidentels.

Outre ces minéraux, qui forment leur constitution essentielle, les gîtes subordonnés au gneiss en renferment accidentellement un grand nombre d'autres; voici l'énumération des espèces qui y ont été rencontrées, tant en Suède qu'en Norvége; ce sont :

Le fer arsenical;

La galène;

Le cuivre sulfuré et le cuivre panaché;

Le cobalt gris (près de Ridarrhytta) (1);

(1) On a indiqué entre parenthèses, à la suite des substances les moins fréquentes, les noms des localités où elles se trouvent.

Le molybdène sulfuré ;

Le bismuth sulfuré (Bastnäes); ces trois derniers minéraux se trouvent plus particulièrement associés aux gîtes de cuivre pyriteux;

Le tellurure de bismuth. Il n'a été trouvé qu'à la mine de Bastnäes ;

L'oxyde d'étain. Il ne se rencontre qu'à Utö;

Oxyde de nickel (Nordmark, près de Philippstadt) ;

Oxyde rouge de cuivre ;

Corindon (Gellivara);

Spinelle noir (Arendal);

Or natif (Swappavara en Laponie, Arendal);

Argent natif (Persberg et Nordmark, près de Philippstadt) ;

Arragonite (Långsbanhytta) ;

Manganèse carbonaté (*id.*);

Chaux carbonatée magnésifère ;

Fer spathique, en très-faible quantité (Ridarrhytta, Bisperg, paroisse de Norberg, Arendal);

Carbonates de cuivre bleu et vert ;

Baryte sulfatée (Dannemora, Stass, paroisse de Floda en Sudermanie; Kovovara en Laponie) ;

Berzélite (Långsbanhytta);

Apatite; elle est mélangée intimement dans les nombreux gîtes des environs de Grandjärde en Dalécarlie, ainsi qu'à Gellivara ; surtout abondante à la mine de Lyngrot, près d'Arendal.

Spath fluor ;

Fluorure de cérium hydraté, seulement à Bastnäes ;

Tungstate de chaux (Dalkarlsberg, paroisse de Nora en Westmanie et au Bispberg);

Cobalt arséniaté ;

Béril (mine du Solberg, près Arendal);
Tourmaline (Utö);
Axinite (Utö, Nordmark, près de Philippstadt);
Pyrosmalite, seulement dans cette dernière mine;
Datolite (Arendal, Utö);
Botryolite (Arendal);
Lépidolite, Pétalite, Triphane } seulement à Utö;
Sphène (Taberg en Wermeland (1), paroisse de Hællestad en Ostrogothie, Arendal);
Cérine, Cérite, Cérium carbonaté } seulement à Bastnäes;
Gadolinite (mines des environs d'Arendal, Taberg en Wermelande);
Zircon (mine de Barboe, près Arendal, Solberg, près Naes en Norvége);
Asbeste;
Scapolite,
Gillingite (paroisse de Swärta en Sudermanie);
Saponite;
Hydrophite;
Serpentine noble;
Pikrolite; celle de Taberg en Wermelande, renferme des traces de vanadium; mais ce métal se trouve sans doute aussi à un autre état de combinaison.

Apophyllite; celle d'Utö contient du fluor comme l'apophyllite des îles Féroë, d'après M. Berzélius.

---

(1) Le condrodite a été trouvé au Taberg en Wermeland, mais dans la dolomie qui avoisine le gîte.

Stilbite (Långsbanhytta);
Laumonite (Vick, près de Garpenberg);
Analcime;
Zéolite farineuse;
Œrstédite (Arendal);
Graphite (Bispberg),
Anthracite et houille (Dannemora, Långsbanhytta, Ridarrhytta, paroisse de Grythytta);

Le bitume a été rencontré dans beaucoup de mines; d'abord dans toutes les localités qui viennent d'être citées pour la présence du graphite ou de l'anthracite, et de plus, dans quelques autres encore, comme à Gräsberg, dans la paroisse de Grangjärde, au Bispberg, près de Norberg, etc.). D'après cette association, il est très-probable que le bitume et les amas résultent d'une distillation de combustibles minéraux; on voit de plus à Dannemora qu'il a été séparé antérieurement à la formation des cristaux de la chaux carbonatée et de quartz, dans lesquels il est contenu.

Relation de l'amas avec les roches encaissantes.

Dans le voisinage du gîte, le gneiss passe le plus souvent au micaschiste ou au schiste amphibolique, et l'amas de minerai se lie lui-même par une transition tout à fait graduelle à ces dernières roches ou au gneiss, ainsi qu'on le voit dans plusieurs exemples indiqués plus haut. Très-fréquemment, la liaison s'établit par l'intermédiaire d'une roche composée de silicates qui forme la gangue de l'amas de fer, et qui se soude elle-même au gneiss, comme on le voit à Långsöe et à Thorbjörnsboe, près d'Arendal.

Un assez grand nombre d'amas ferrifères ont pour toit ou pour mur du calcaire : c'est le cas pour les mines d'Utö, de Dannemora, de Långsbanhytta, de Persberg et Ingshytte près de Philippstadt,

de Nyang, dans la paroisse de Thorsäcker et de quelques-uns des environs d'Arendal. C'est particulièrement dans ce cas que le minerai est accompagné et entouré de silicates à base de chaux, tels que le grenat, l'épidote, etc. (Voyez *fig.* 13, 13 *bis*, 33, 34 et 35, *Pl. VII.*) Ces silicates ont été très-vraisemblablement formés aux dépens du calcaire; il n'est donc pas étonnant qu'alors, comme dans le cas précédent, il n'y ait aucune démarcation tranchée entre le minerai proprement dit et la roche encaissante.

Filons granitiques dépendant des gîtes.

Il existe dans diverses mines, comme à Langsöe, Loerrestwed, Thorbjörnsboe, près Arendal et à Utö, des filons ou veines granitiques qui renferment quelquefois des minéraux étrangers à l'amas; comme ils coupent nettement le gîte et quelquefois le gneiss encaissant, on reconnaît qu'ils se sont consolidés après l'existence de ces roches; mais ils ont plutôt la forme de sécrétion que celle de filons injectés; en effet, ils ne se prolongent que sur de faibles distances; d'ailleurs, il y a quelquefois, au Solberg, près Naes, par exemple, un passage évident de la roche granitique au gneiss; enfin, certaines veines parallèles au gneiss ont une composition identique à celle-ci. Elles paraissent donc devoir être assimilées par leur mode de formation aux veinules irrégulières qui se ramifient fréquemment dans le gneiss.

2° *Des amas incorporés dans les roches plutoniques.*

L'amas du Taberg en Smolande, paraît différer des amas enclavés dans le gneiss. D'après M. Haus-

mann (1), c'est une roche amphibolique qui s'élève au milieu du gneiss sous forme d'un dôme isolé, et où le fer oxydulé est contenu sous forme de veines et aussi en mélange intime. Des roches amphiboliques, analogues à celle qui constitue le Taberg, s'élèvent au milieu du gneiss en plusieurs points des environs, mais elles sont stériles.

Le Taberg paraît donc être ici le représentant d'amas de minerai de fer incorporés dans les roches plutoniques analogues à ceux de Blagodat, de Nischne-Tagilsk et de Katschkanar dans l'Oural. N'ayant pas visité le Taberg, je n'insisterai pas davantage sur cette espèce de gîtes.

3° *Des amas de contact renfermant des minerais de fer, de cuivre, de plomb et d'argent* (2).

Contrée de Christiania.

Le terrain de transition des environs de Christiania se compose généralement de schiste argileux, quelquefois alunifère, de calcaire et de grauwacke. Des massifs de granite et de syénite s'élèvent au milieu de ce terrain, qui est en outre coupé par des roches porphyriques et dioritiques.

Position des amas de contact.

Loin du granite et de la syénite, les couches de transition ne renferment guère d'autre minéral métallique que la pyrite de fer ; mais en général, dès qu'elles s'approchent du granite, elles acquièrent des caractères particuliers; le schiste se durcit, le calcaire se charge de silicates, particulièrement de grenats. C'est aussi précisément à la

(1) *Reise durch Scandinavien*, tome I, page 165.

(2) Les amas de fer de cette catégorie ont de tels rapports avec ceux de cuivre, plomb, argent, cobalt, que je n'ai pas cru devoir les séparer.

jonction du terrain de transition avec les roches plutoniques que se trouvent de nombreux amas métallifères, dans la contrée de Christiania, aux environs de Drammen, de Skeen et de Mjösen (1).

Leur forme.

Ces amas, de forme tout à fait irrégulière, s'étendent tantôt dans la roche plutonique, tantôt, et plus fréquemment, dans le terrain de transition : dans ce dernier cas, ils s'allongent ordinairement dans le sens des couches.

Leur composition minéralogique.

On y a trouvé les substances minérales suivantes : fer oxydulé, fer pyriteux, galène argentifère, blende, pyrite de cuivre, cobalt gris, fer arsenical, bismuth sulfuré, molybdène sulfuré, cobalt oxydé, acide molybdique, chaux carbonatée spathique, chaux fluatée, apatite, grenat cristallisé ou amorphe, épidote, datolite, axinite (Aaserud), helvine.

Minéraux prédominants.

Le fer oxydulé, la galène argentifère et la pyrite de cuivre ont été rencontrés souvent dans les mêmes amas, et selon la prédominance de l'une ou de l'autre de ces substances, le gîte a été exploité pour fer, plomb, argent ou cuivre. Telles sont les mines de fer d'Aaserud, près d'Eidsfoss, et des paroisses de Lier et d'Asker, celles de plomb argentifère de Vedelseje, près Drammen; enfin, la mine de cuivre de Gjellebäk. Les gangues les plus habituelles sont le grenat et la chaux carbonatée : cependant l'helvine était abondante à la mine de Hörte.

Gîtes d'Aaserud et de Narverud.

Nous indiquerons pour exemple, la disposition des mines d'Aaserud et de Narverud. A Aaserud

(1) *Keilhau. Goea norwegica.*

(*fig.* 16 et 17, *Pl. V*), le minerai de fer *m* s'appuie contre une roche amphibolique *d* qui forme des filons dans le calcaire *c*; à mesure qu'il s'éloigne du filon, sa gangue se mélange de chaux carbonatée. L'amas de Narverud (*fig.* 18 et 19) est à la séparation du granite *g* et du schiste; cette dernière roche est fortement durcie près du massif granitique. Le minerai qui, près de la surface, consistait en fer oxydé magnétique avec grenat se mélangea, à partir de 6 ou 8 mètres de profondeur, à une si forte proportion de pyrite de fer et de pyrite de cuivre, qu'on fut forcé d'en abandonner l'exploitation.

Plus de soixante gîtes de ce genre ont été reconnus dans le sud-est de la Norvége. D'après M. Keilhau, sur trente-cinq d'entre eux, dont la position est bien connue, dix-neuf étaient à la jonction même des terrains plutoniques et de transition; les autres se trouvaient à peu de distance de la surface d'intersection: quatre étaient situés dans le granite ou dans la syénite, douze dans le schiste durci ou dans le calcaire. Aucun de ces amas n'a pu être suivi bien profondément; la richesse de quelques-uns n'était même que superficielle; ils n'ont donné lieu qu'à des exploitations de peu d'importance.

Amas des environs de Cimbrishamn, en Suède.

Le grès de transition de la Scandinavie, qui est à grains et à ciment quartzeux, renferme quelquefois aussi des veines de quartz cristallisé. Aux environs de Cimbrishamn, en Suède, particulièrement à Horsehall, près Gladsax, et non loin de Gislöf, ce grès est en outre traversé par plusieurs filons et veines formés de chaux fluatée, de chaux carbonatée spathique, de baryte sulfatée, de quartz, de galène et de blende. Nulle part ailleurs, en Suède,

on ne rencontre si abondamment le spath fluor ; il est incolore ou coloré en vert, jaune, rouge, violet ou bleu, compacte ou cristallisé. Leur composition, ainsi que l'a observé M. Hausmann (1), rappelle celle des filons du Derbyshire.

Le diluvium recouvre le sol aux environs de Cimbrishamn ; cependant le granite proprement dit affleure à moins d'un mille de Gladsax, à Stenshufrud. Ces épanchements de minéraux variés ont donc eu lieu dans le terrain de transition, non loin de l'endroit où il repose sur le granite. Ainsi, leur position géognostique paraît se rapprocher de celle des environs de Christiania.

Il est voisin de l'affleurement du granite.

4° *Du minerai de fer des lacs et des marais.*

Un grand nombre de lacs et de marais de la Suède renferment du minerai de fer de formation extrêmement récente, la précipitation de ce minerai continue même à se produire journellement encore en beaucoup de lieux, ainsi que l'ont observé depuis longtemps les habitants du pays, qui lui ont donné le nom de *minerai des lacs* (*sjömalm*), et de *minerai des marais* (*myrmalm*). Il est surtout abondant en Smolande, en Wermlande, où plus de deux cents lacs en contiennent, et dans beaucoup d'autres provinces, entre autres en Dalécarlie, dans le Hjelmaren, en Néricie, en Herjedale, en Jemtlande, etc. On peut encore observer des dépôts journaliers semblables à ces minerais sur les bords du fleuve Luléo en Laponie.

Position du minerai des lacs.

(1) *Reise durch Scandinavien*, tome I, page 129.

Nature de ce minerai.

Le minerai est souvent en grains arrondis, dont la dimension est ordinairement inférieure à celle d'une noisette ; chaque grain présente des feuillets concentriques bruns, d'un jaune d'ocre, ou d'un aspect noir et piciforme ; il consiste principalement en hydrate de peroxyde.

Composition du minerai des lacs.

M. Swanberg (1) a donné la composition de trente-deux variétés de minerai des lacs de Wermlande et de Smolande. La proportion d'acide phosphorique y varie de 0,182 à 1,213 p. 100 ; celle d'acide sulfurique, depuis des traces jusqu'à 0,43 p. 100, et elle est ordinairement beaucoup plus faible que ne l'indique ce dernier chiffre. L'oxyde de manganèse s'y trouve toujours, au moins en faible quantité, et quelquefois jusque dans le rapport de 34 pour 100. Voici le résultat de trois de ces analyses :

Acide phosphorique.	1,21	0,55	0,81
Acide sulfurique.	0,07	0,27	traces
Chaux.	1,20	1,67	1,96
Magnésie.	0,17	0,35	0,13
Alumine.	4,25	2,79	3,47
Acide silicique.	17,16	9,49	19,61
Oxyde ferrique.	61,00	35,39	52,86
Oxyde manganique.	2,20	34,72	10,85
Eau et matières organiques.	17,73	14,68	10,30
	100,00	100,00	100,00

Son existence en Norwége.

Il se trouve aussi en Norvége du minerai des marais, particulièrement en Tellemarken et dans le gouvernement d'Agershuus. Il a été exploité,

(1) *Upplysninger*, *etc.* Appendice aux Annales du comptoir du fer, 1839.

dans la première province, il y a plusieurs siècles, avant que les riches minerais en roche du pays eussent attiré l'attention; mais aujourd'hui l'on n'en extrait plus.

Usage du minerai des lacs en Suède.

En Suède, ce minerai est peu utilisé, si ce n'est en Smolande, où il fournit la plus grande partie de la fonte que l'on fabrique dans cette province. Il serait plus abondamment exploité, malgré son contenu en phosphore, si le minerai magnétique n'était pas aussi commun dans le pays; car, lorsqu'il est riche en manganèse, ainsi qu'il arrive quelquefois, il est possible d'en extraire du fer de bonne qualité, parce que l'on peut surcharger les laitiers de chaux sans leur faire perdre la fluidité. Les dépôts des lacs seront probablement exploités dans la suite avec plus d'activité. Les deux grandes usines impériales russes des environs d'Olonetz, qui fabriquent des bouches à feu pour la flotte, emploient uniquement des oxydes de lacs et de marais (1), qui sont de la même nature que ceux de la Suède.

DES GÎTES DE CUIVRE.

Les gîtes de cuivre se trouvent sous forme d'amas enclavés dans le gneiss, d'amas subordonnés au terrain de transition et de filons. Nous n'avons plus à revenir sur les amas de contact, dont il a été question plus haut, en même temps que des amas de fer de même nature.

---

(1) *Annuaire du journal des mines de Russie.* 1835, p. 231.

1° *Des amas cuprifères subordonnés au gneiss.*

Analogie de ces amas avec ceux de fer.

Les amas de cuivre subordonnés au gneiss ont un gisement très-analogue à celui des amas du minerai de fer; comme ceux-ci, ils sont aplatis parallèlement aux feuillets du gneiss, qui, dans leur voisinage, passe le plus ordinairement au micaschiste, puis à l'amas métallifère lui-même. Nous citerons comme exemple de ces gîtes l'amas de Fahlun en Dalécarlie, le plus célèbre de tous par sa dimension et les minéraux rares que l'on a trouvés dans le voisinage; puis ceux des environs de Röraas en Norvége.

Amas de cuivre de Fahlun.

Tout le gîte de Fahlun (*fig.* 20, 21, 22 et 23, *Pl. VI*) est renfermé dans une roche quartzeuse *q*, qui constitue un vaste amas au milieu du gneiss, dont elle est séparée par une zone intermédiaire de micaschiste. Ces trois variétés de roche passent insensiblement de l'une à l'autre.

Le gîte métallifère est au milieu d'une roche quartzeuse.

La masse quartzeuse, d'un gris foncé, est fréquemment mélangée de mica, d'amphibole, de pyrite de fer et de pyrite de cuivre; mais ces substances ne s'y trouvent en général qu'en faible quantité.

Skölar qui circonscrivent le minerai.

Il est très-remarquable que la pyrite de cuivre, objet de l'exploitation, soit tout particulièrement accumulée le long de certaines roches talqueuses *s*, en forme de couches très-contournées, qui, comme des cloisons irrégulières, subdivisent l'amas quartzeux en plusieurs amas partiels : de là le nom de *skölar* (1) (écorce, enveloppe), qui a été donné par les mineurs à ces roches. Ce sont quelques masses quartzeuses interceptées entre ces

(1) Que l'on prononce à peu près *scheuler*.

cloisons qui forment, à proprement parler, les gîtes cuivreux exploitables. Les skölar consistent en talc schisteux, en schiste chloritique ou micacé, qui sont çà et là mélangés à du calcaire cristallin et à de la serpentine; accidentellement, ils sont aussi imprégnés de pyrite cuivreuse, et ils renferment en outre des minéraux variés. On distingue à Fahlun deux skölar principaux qui se réunissent et se séparent de manière à intercepter plusieurs amas partiels ou nids cuprifères, dont les plans et coupes ci-joints représentent les formes. Ils sont réduits, d'après des levers qui viennent d'être faits par M. Troïlius, et donnent une idée plus circonstanciée et plus exacte de la structure de l'amas que les dessins antérieurs; la configuration des skölar a été suivie avec soin, parce que ces roches forment un guide précieux pour les mineurs, ainsi qu'ils l'ont remarqué depuis longtemps.

Composition et dimensions de l'amas.

L'amas principal de minerai, le plus étendu de ceux indiqués sur le plan, et qui a fourni depuis cinq siècles une énorme quantité de minerai de cuivre, renferme, outre le cuivre pyriteux, la pyrite de fer ordinaire qui est très-abondante, la pyrite magnétique, la galène, la blende et le fer oxydé magnétique, le tout disséminé dans une gangue quartzeuse. Son plus grand diamètre horizontal atteint 320 mètres, et la profondeur à laquelle il est exploité 360; quant à la puissance des skölar, elle varie de quelques centimètres à 40 mètres; elle est moyennement de 20 mètres.

Filons quartzeux qui avoisinent l'amas.

On s'est récemment aperçu que le minerai de cuivre n'est pas seulement appliqué, comme il vient d'être dit, le long des skölar, mais qu'il forme aussi un grand nombre de véritables filons *ff*, qui sillonnent l'amas quartzeux. Ces filons,

à peu près rectilignes, contiennent la pyrite de cuivre avec très-peu de pyrite de fer, et ces sulfures sont disséminés dans une gangue de quartz qui se fond avec la roche encaissante. Pendant très-long-temps négligés, ils sont aujourd'hui devenus la principale ressource de l'exploitation.

Filons de trapp.

En plusieurs régions des mines, on a rencontré des filons de trapp *t*, qui, d'après M. Hausmann et d'après M. Troïlius, sont quelquefois arrêtés ou rejetés par les skölar. La roche est d'un vert sombre et à grains fins; dans les parties où le filon s'élargit, elle renferme de la laumonite qui, près de la surface du sol, est à l'état terreux.

Blocs de granite enclavés dans le minerai.

Enfin, en diverses parties du gîte, au milieu même du minerai, M. Troïlius et M. le Bergrath de Forselles ont observé des masses de granite (*fig.* 20, 22 et 23) qu'ils considèrent comme des *blocs* empâtés par la roche encaissante; quelques-unes de ces masses ont de très-grandes dimensions.

Minéraux de l'amas.

Les minéraux variés qui proviennent de l'amas de Fahlun se rencontrent, pour la plupart, dans les skölar; ce sont : le talc, la chlorite, le mica et les sulfures métalliques de l'amas, le fer oxydulé magnétique en octaèdres identiques à ceux qui sont aussi disséminés dans le schiste chloritique, à la mine de Björnmyrsweden en Dalécarlie, dans le Tyrol et dans d'autres localités; la fahlunite, la cordiérite, le gahnite, le feldspath, qui y est rare; le grenat en cristaux qui atteignent un diamètre de 2 décimètres; le malacolite, l'amphibole actinote, la serpentine noble, la laumonite, l'apophyllite, l'anhydrite, le gypse, la dolomie et le vitriol rouge.

J'ai observé des cristaux de fahlunite entourés d'une croûte de galène, et inversement d'autres cristaux de la même substance renfermant un noyau de galène ou de pyrite. Ainsi, la cristallisation de la fahlunite, et probablement aussi celle des autres minéraux qui l'accompagnent, est exactement contemporaine de la solidification du minerai.

Le minerai de cuivre est partagé en trois variétés principales, selon la nature des gangues :

Des minerais de cuivre, plomb, argent et or.

a) Le minerai dur (*hårdmalm*), consiste en pyrite de cuivre et en pyrite de fer avec une gangue principalement quartzeuse.

b) Le minerai tenace (*segmalm*) qui est mélangé aux roches de talc, chlorite et mica, provient principalement des skolar.

c) Le minerai tendre (*blötmalm*) se compose de pyrite de fer et de cuivre sans beaucoup de roche stérile ; il se trouve surtout dans l'intérieur de l'amas.

La galène, qui est aussi exploitée pour plomb et argent, renferme 6 à 7 ou 8 lots de ce dernier métal. La galène la plus argentifère est voisine des skölar. On sait que M. Berzélius y a signalé la présence du sélénium.

Les pyrites de fer, de cuivre et la galène renferment aussi une faible quantité d'or ; on n'extrait ce métal que de la dernière substance, en traitant l'argent qui en provient par l'acide nitrique.

Le minerai de Fahlun renferme du cobalt et de l'antimoine, que l'on trouve dans le cuivre noir. M. Sefström croit y avoir reconnu en outre la présence du mercure.

Analogie avec l'amas d'Altenberg en Saxe.

Le grand amas cuprifère de Fahlun, flanqué par de nombreux filons de même nature, a une certaine analogie avec le gîte d'étain d'Altenberg (1) en Saxe. Là aussi se trouve un amas qui paraît contemporain du porphyre encaissant et près duquel sont des filons du même minerai qui s'y lient, tout en coupant nettement la roche qu'ils traversent.

Mines de Röraas en Norvége.

Parmi les amas de cuivre subordonnés aux schistes cristallins de la Norvége, ceux des environs de Röraas sont aujourd'hui les plus importants. La roche qui les contient est un schiste chloritique, qui, par un mélange de talc argentin, passe au schiste talqueux; elle renferme du mica; très-rarement du quartz; le grenat y est très-abondant; souvent ce minéral s'y trouve en cristaux très-petits et extrêmement nombreux.

Les amas de Röraas, au lieu d'être dans une position voisine de la verticale, comme il arrive le plus ordinairement, ne sont que peu inclinés; celui exploité à la mine de Storwarts, qui est le principal, fait un angle de 5 à 10° avec l'horizon. La pyrite de cuivre y est mélangée de pyrite de fer ordinaire, de pyrite magnétique et de blende. Le quartz est la gangue prédominante; de même qu'à Fahlun, il est accompagné de grenat, d'amphibole hornblende, de mica, de talc et d'asbeste.

Plusieurs gîtes analogues sont exploités dans la contrée. Leur minerai rend de 3 à 9 pour 100 de cuivre, dont la qualité est supérieure à celui de Fahlun, parce que le minerai y est moins mélangé à d'autres sulfures métalliques.

---

(1) Voyez *Annales des mines*, tome XX, page 78.

Il résulte de l'examen de toutes les substances qui ont été signalées dans les amas de cuivre de la Suède et de la Norvége, que l'on y a trouvé tous les minéraux des amas de fer, excepté les suivants : De la composition des amas de cuivre. Analogie et différence avec les mines de fer.

Tellurure de bismuth, oxyde d'étain, corindon, fluorure de cérium, fer spathique, manganèse carbonaté et silicaté, tungstate de chaux, apatite? apophyllite? axinite, tourmaline, datolite, pyrosmalite.

Il est à remarquer que presque tous ces minéraux, qui sont exclusivement propres aux gîtes de fer, y sont d'une extrême rareté, et qu'ils n'y ont été, pour la plupart, observés que dans une seule localité.

D'un autre côté, les gîtes de cuivre renferment les minéraux suivants, qui sont étrangers aux amas de fer.

Cuivre natif; bismuth natif (Nyberg et paroisse de Åhl en Dalécarlie); cuivre gris; cobalt arsénical (Ridarrhytta); eukairite, séléniure de cuivre, urane oxydé (tous trois à Skickerum en Smolande); gahnite (Fahlun et Garpenberg); chabasie (Gustafsberg en Jemtlande).

Toutes ces substances sont très-rares aussi dans les mines de cuivre, et on peut dire que la composition qualitative des amas de fer et des amas de cuivre est la même, à part un petit nombre de substances accidentelles particulières aux uns et aux autres. La différence n'est vraiment que quantitative, c'est-à-dire que dans les premiers prédomine l'oxyde de fer; dans ceux-ci, le cuivre pyriteux.

2° *Gîtes de cuivre en filons.*

Terrain formé de couches de transition et de diorite à Kaafjord.

Les schistes, les grauwakes et le calcaire de transition, forment dans le Finmark, un lambeau de 10 à 12 lieues en tous sens, auquel est subordonné un conglomérat qui, d'après M. Russegger, paraît analogue à l'*old-red-sandstone* de l'Angleterre (1). Ces couches sont supportées par le gneiss et le micaschiste qui s'étendent sur la presque totalité de la Norvége septentrionale et de la Laponie. Le long du Kaafjord s'élève du milieu du terrain, sous forme de collines escarpées, une masse de diorite, ordinairement à grains fins et souvent imprégnée de pyrite magnétique, qui passe à l'euphotide. Elle a fait subir dans son voisinage aux couches de transition des altérations analogues à celles que l'on observe dans des circonstances semblables près de Christiania. Le calcaire est devenu cristallin ou silicaté, le schiste passe au hornstein, et le grès est fritté. Les deux terrains sont en outre séparés par des brèches qui renferment de nombreux fragments des roches adjacentes. Le terrain plonge en tous sens à partir de la masse plutonique qui, par conséquent, paraît les avoir soulevées.

Composition des filons de cuivre.

Les filons cuivreux, tous renfermés dans cette diorite, courent en diverses directions et se ramifient quelquefois en plusieurs branches. Le minerai ordinaire, qui consiste en cuivre pyriteux accompagné de pyrite de fer, est répandu dans une gangue de quartz, plus rarement de spath calcaire et de chaux carbonatée magnésifère.

(1) Afin de pouvoir jeter un coup d'œil d'ensemble sur les mines de la Scandinavie, j'ai extrait ces divers renseignements d'une notice publiée par M. Russegger. *Karstens Archiv.*, tome XV, page 759.

Quelquefois le filon empâte des fragments de diorite. L'affleurement des filons est à l'état de décomposition et présente le *chapeau de fer* connu des mineurs.

Ces filons sont remarquables en ce qu'ils s'interrompent brusquement dès qu'ils atteignent le terrain schisteux. Cependant, à la mine de Woodfall, on voit le filon entrer dans le schiste. Il n'y a donc pas à douter qu'ils soient postérieurs à la diorite et, à plus forte raison, au terrain de transition. Ils sont coupés et rejetés par des failles. Ils s'interrompent au sortir de la diorite.

Aux environs de Raipas, qui est à 20 kilomètres des filons du Kaafjord, on trouve les mêmes couches de transition, mais sans diorite; les filons qui sont exploités dans une puissante série de couches calcaires, renferment habituellement le cuivre panaché, le cuivre pyriteux, la chaux carbonatée, la baryte sulfatée, le quartz, et très-rarement la pyrite de fer. Ces filons ne sont, à proprement parler, qu'un conglomérat de débris de calcaire et de schiste auquel le minerai sert de ciment. Vers l'affleurement, on y trouve des arséniates de cobalt et de cuivre, les carbonates de cuivre bleu et vert, les oxydes de fer et de manganèse. Près du filon, le calcaire devient quelquefois siliceux. Filons de Raipas.

La richesse de ces derniers filons est exclusivement limitée au calcaire; dès qu'ils entrent dans le schiste, ils s'amincissent et ils perdent leur richesse, comme il arrive dans le Cumberland aux filons de plomb. Cette circonstance paraît s'expliquer par la manière différente dont ces roches ont résisté à une rupture sous forme de fentes. Ils s'arrêtent à la limite du calcaire.

Il y a peu de minerais de cuivre aussi riches que celui de Raipas; il rend quelquefois 60 et moyen-

nement 18 p. 100. Celui de Kaafjord ne rend que 5 p. 100.

Haute-Tellemarken.

Quelques-unes des anciennes mines de cuivre, dans la haute Tellemarken et d'autres provinces de la Norvége, paraissent avoir été exploitées sur des filons.

DES GÎTES DE COBALT.

Tous les gîtes de cobalt sont subordonnés au gneiss.

Tous les gîtes de cobalt de la Scandinavie sont des amas enclavés dans le gneiss; celui de Skutterud, dans la paroisse de Modum, est le plus considérable d'entre eux, et le seul qui soit exploité en Norvége.

Amas de cobalt de Skutterud. Sa composition.

Dans cette dernière localité, la roche métallifère est un micaschiste où le quartz prédomine beaucoup, et qui, accidentellement, passe au schiste chloritique. Le cobalt gris, principal objet de l'exploitation, y est habituellement disséminé en grains amorphes, quelquefois très-fins, qui sont souvent alignés parallèlement aux paillettes voisines de mica. Les cristaux de cette substance sont beaucoup plus rares ici qu'à Tunaberg. Le fer arsenical qui l'accompagne renferme toujours du cobalt en quantité variable depuis des traces jusqu'à 10 p. 100, comme l'a reconnu M. Scheerer, et cela a lieu sans qu'il survienne des variations appréciables dans la valeur des angles des cristaux.

Le même chimiste (1) a aussi trouvé une arséniure de cobalt cristallisé dans le système régulier de la composition $Co\ AS^3$; dans tous les minerais cobaltifères on n'a pas rencontré de traces de nickel.

---

(1) *Nyt Magazin for naturwidenskabern*, 1838, p. 424.

On trouve en outre dans l'amas de Skutterud de la pyrite de fer ordinaire, de la pyrite magnétique, du cuivre pyriteux, très-rarement du cuivre natif, de la galène, du molybdène sulfuré, du fer oxydé magnétique, du graphite, des petites paillettes au milieu du quartz, du feldspath, de l'amphibole de la variété dite anthophyllite, du pyroxène, du skapolite, du grenat, de la serpentine et de la tourmaline. Ce dernier minéral est en cristaux d'un jaune de miel, qui passent fréquemment au brun ; ils sont quelquefois recouverts par une pellicule de pyrite de cuivre. La serpentine est souvent mélangée au quartz dans des proportions variables, de telle sorte qu'il paraît y avoir un passage du quartz à la serpentine. Du feldspath très-cristallin forme çà et là des veines ou amas qui sont considérés par les mineurs comme étant de mauvais augure.

Disposition du gîte.

Le gîte de Skutterud s'étend du nord au sud, comme la montagne qui le renferme, avec une schistosité tantôt verticale, tantôt inclinée ; il a été entaillé par des excavations *m* sur 3 kilomètres de longueur et sur une largeur de 5 à 10 mètres. Vers le nord, il se ramifie en deux branches que sépare la roche stérile : les *fig.* 24 et 25, *Pl. VI*, montrent la disposition des travaux et celle du minerai. Du schiste amphibolique sépare ordinairement la roche métallifère du gneiss commun, auquel elle est subordonnée. Ce schiste, formé d'amphibole hornblende, d'albite et de quartz, est traversé par des veines à grands cristaux des deux premières substances.

Allure du minerai.

Il n'y a pas d'uniformité dans l'allure du minerai : dans la partie où le mica est remplacé par la chlorite, le fer arsenical cobaltifère se substitue au cobalt gris. Comme en même temps la pro-

portion de quartz diminue, la roche devient moins dure et les mineurs lui donnent le nom de *raadensteen* (pierre pourrie), tandis qu'ils appellent la roche quartzeuse *friksteen* (roche fraîche). On n'a remarqué aucune variation de richesse, suivant la profondeur. Comme à Kongsberg, la roche à minerai ne se distingue quelquefois de la roche stérile que par cette circonstance que les surfaces qui ont été pendant quelque temps exposées à l'air sont recouvertes d'une poussière jaune ou brune due à la décomposition des sulfures de fer.

Filons granitiques.

Tout le gîte est coupé par des filons de granite de 2 à 3 mètres de large, qui se prolongent aussi dans le gneiss voisin en s'y ramifiant irrégulièrement. Les minéraux qui les constituent, l'orthose, l'albite, le quartz et le mica argentin sont en grandes masses cristallines; il s'y trouve accidentellement aussi du fer oxydulé et de l'épidote. Les veines passent quelquefois à la pegmatite graphique, et sont souvent très-analogues à celles qui traversent les gîtes de Langsöe, Thorbjörnboe et Laerrestwed, près d'Arendal. Non loin de la mine, on exploite du quartz pour la fabrication du bleu de cobalt dans un filon du même aspect, dans lequel le feldspath et le quartz sont en morceaux massifs de 20 à 25 centimètres de diamètre.

Analogie du gîte de Skutterud avec les faldbands de Kongsberg.

En résumé, le gîte de Skutterud consiste en une zone très-allongée de micaschiste qui est fréquemment imprégné de cobalt gris et d'autres sulfures métalliques. C'est donc un véritable *faldband* analogue au gneiss métallifère que l'on désigne par ce nom dans la contrée de Kongsberg (Voyez plus loin, page 62). Il est aussi à

remarquer que le faldband cobaltifère est dirigé, comme ceux de Kongsberg, du nord au sud. A 16 kilomètres environ au sud de la mine sont les mines de fer de Hassel, dont le minerai est un gneiss pauvre en mica et imprégné de fer oxydulé. C'est une troisième variété de faldband, un *faldband ferrifère*.

Rapprochement des deux principaux gîtes d'argent et de cobalt du nord.

Dans un grand nombre de dépôts, le cobalt se trouve associé à l'argent; c'est ce que l'on observe dans les mines d'Annaberg et de Schnéeberg en Saxe, et de Joachimsthal en Bohême; dans celles de la Forêt-Noire, à Sainte-Marie-aux-Mines et à Challanches en France. Aussi est-il probable que ce rapprochement des deux plus grands dépôts d'argent et de cobalt de la Scandinavie, et même de l'Europe septentrionale, à une distance de moins de 40 kilomètres, n'est pas l'effet du hasard, d'autant plus que la formation des deux gîtes paraît remonter à la même époque, et que l'un et l'autre présentent de longues zones schisteuses métallifères, alignées suivant la même direction.

Amas de serpentine non loin du gîte de cobalt.

Au nord des mines, et non loin de là, dans la forêt d'Uhlen, se trouve le gisement des beaux cristaux de serpentine que renferment toutes les collections. L'amas serpentineux (1) est entouré d'une roche très-quartzeuse qui passe au gneiss avoisinant. La partie centrale de l'amas est de la serpentine noble qui dégénère en serpentine commune. Le tout renferme sous forme de noyaux et de veines de la dolomie lamellaire, du fer titané, du fer oxydulé en cristaux octaédriques, du mica noir, du talc et de la chlorite. Le fer titané appartient à

(1) *Böbert. Goea norvegica*, p. 127.

la même variété que celui de Gastein. A peu de distance au sud du gîte, et dans le prolongement de sa direction, près Tingelstad, le gneiss renferme une masse de serpentine analogue, mais moins étendue.

Gîte de Vena.

Le gîte de Vena, près d'Askersund en Néricie, actuellement le plus important de la Suède, paraît être fort analogue à celui de Skutterud; il consiste en un micaschiste extrêmement chargé de mica d'un noir verdâtre, au milieu duquel se trouve disséminé le cobalt gris avec la pyrite de cuivre. Comme à Skutterud, le micaschiste passe au gneiss ordinaire à peu de distance de l'amas.

Gîte de Tunaberg.

La contrée de Tunaberg (1) renferme, dans l'intérieur d'une circonférence de 3 kilomètres, plusieurs amas de minerai de cuivre, de fer, de cobalt et de galène; ces gîtes sont encaissés dans du micaschiste ou dans le calcaire grenu et manganésifère qui est subordonné à cette roche.

C'est dans une de ces masses de calcaire qu'est exploité le minerai de cobalt. Il y accompagne la pyrite de cuivre, qui y forme le but principal de l'exploitation. D'après une observation qui m'a été communiquée par M. Swanberg, certains cristaux sont du cobalt gris d'une pureté presque parfaite, ils ne renferment qu'une quantité de fer à peine sensible et de faibles parties de nickel: ce sont ces cristaux qui sont engagés dans la pyrite de cuivre. Ceux, au contraire, qui sont disséminés dans le calcaire, ou tout près de cette roche, ont aussi tout à fait l'aspect du cobalt gris; mais ils contiennent un noyau de cobalt arsenical. On a en outre trouvé à Tunaberg le cuivre sul-

(1) *Böbert. Karsten archiv.* Tome IV.

furé, le cuivre panaché, la blende, la galène, le bismuth natif, les carbonates de cuivre, l'arséniate de cobalt, le feldspath, l'amphibole grammatite, la serpentine et le graphite.

Il existe aussi à Håkansboda, dans la paroisse de Ramsberg en Westmanie, un gîte cobaltifère qui a la plus grande analogie avec celui de Tunaberg. Le minerai de cobalt, mélangé à une quantité prédominante de cuivre pyriteux, se trouve aussi dans un amas calcaire subordonné au gneiss. Le cobalt gris est accompagné de fer arsenical, qui renferme ordinairement 1 à 1 1/2 pour 100 de cobalt, de pyrite de fer ordinaire et surtout de pyrite magnétique, qui est fort abondante dans toutes les mines. Les cristaux de cobalt qui sont disséminés dans cette dernière substance sont ordinairement de forme cubique, et se composent du cobalt gris le plus pur. Tout près de la mine de cuivre et de cobalt sont des amas de fer oxydulé. Gîte de Håkansboda.

On a encore exploité pendant quelques années, à Gladhammar en Smolande, du cobalt dans d'anciennes mines de cuivre. Ainsi que dans beaucoup d'autres localités, le gneiss passe, près du gîte, à un schiste très-riche en mica. Outre le cobalt gris, l'amas renfermait le fer oxydulé, au milieu duquel le minerai de cobalt était très-fréquemment disséminé, du cuivre pyriteux, du cuivre panaché, de la galène, du molybdène sulfuré et de la serpentine noble. Gîte de Gladhammar en Smolande.

Ainsi qu'on vient de le voir, des transitions parfaites relient les amas cobaltifères à ceux qui sont exploités pour cuivre ou pour fer; les mêmes caractères géognostiques se reproduisent dans les uns et les autres. Ceux de cobalt ne diffèrent, Composition des gîtes de cobalt.

dans leur composition, des gîtes de cuivre ou de fer, que par la présence de quelques substances accidentelles ; ainsi, l'eukairite, le séléniure de cuivre et l'oxyde d'urane n'ont pas été rencontrés chez les premiers ; mais ils renferment le cobalt sulfuré ($CoSu^3$), les arséniures de cobalt ($Co\,AS^2$ et $Co\,AS^3$) (1), et le nickel gris ($Ni\,S^2 + Ni\,AS^2$), qui sont étrangers aux mines de cuivre. Trois de ces substances ont été trouvées dans les mines de cobalt de Loos en Helsingland. Enfin, le phosphate d'yttria a été découvert dans le minerai de cobalt de Johansberg en proportion de 0,001.

La composition des gîtes de cobalt de la Scandinavie diffère de celle de la plupart des autres gîtes en filons de l'Europe qui sont exploités pour ce métal, par la présence constante du cuivre pyriteux, par l'association fréquente du fer oxydulé, par l'absence habituelle du minerai d'argent, et enfin par l'accompagnement de nombreux silicates anhydres.

Production en cobalt de la Norvége et de la Suède.

Les mines de Skutterud ont produit, en 1841, 152.622 kilogrammes de minerai lavé qui proviennent de 66 fois leur poids de minerai brut ; d'où il est résulté 46.298 kil. de safre et 75.199 kil. de smalt. L'extraction et le traitement de ce minerai mettent en circulation dans le pays environ 4 millions de francs ; ce qui est d'autant plus important, que presque tout cet argent est versé par des pays étrangers. La production des mines de Skutterud pourrait être beaucoup plus considérable, si les débouchés le permettaient.

(1) *Poggendorf. Annalen*, XLII, 546, XLIII, 591, et XLVIII, 505.

La production, en Suède, a été la suivante pendant la même année :

Tunaberg.	447 kil.
Vena.	4.201
Håkansboda.	1.277
Total.	6.225 kil.

Ainsi, la production de la Suède en minerai de cobalt est bien faible, comparée à celle de la Norvége.

DES GÎTES DE PLOMB.

Amas subordonnés au gneiss.

La galène se rencontre en Scandinavie dans des amas subordonnés au gneiss, mais très-rarement elle s'y est trouvée en quantité exploitable. Il n'y a rien de particulier à dire sur ces gîtes, puisque leurs caractères sont ceux des amas de fer, de cuivre et cobalt. Les minéraux que l'on y a trouvés sont peu variés et appartiennent tous à ceux qui ont été énumérés plus haut. Une seule mine de ce genre est aujourd'hui exploitée, et encore donne-t-elle de faibles produits; c'est celle de Lofås, paroisse de Storakedvi en Dalécarlie. Le terrain consiste en une alternance de lits de calcaire, de quartz, souvent mélangé de mica, dans lesquels est disséminée la galène argentifère accompagnée de pyrite de cuivre, de fer arsenical, d'amphibole et de traces d'argent natif. De l'autre côté de la vallée sont deux amas de cuivre et un de fer.

Amas subordonnés au terrain de transition.

On a vu plus haut (pages 232 et 233) comment la galène se rencontre aussi dans des amas de contact subordonnés soit au terrain de transition, soit aux roches plutoniques qui traversent ce terrain dans les environs de Christiania et à Cimbrishamn.

Filons.

Enfin la galène se trouve encore sous la forme de filons. Dans la paroisse de Rätwick en Dalécarlie, on l'a exploitée au milieu du siècle dernier dans des filons renfermés dans le calcaire et le grès de transition. Mais le minerai y disparaissait à une profondeur de 10 à 12 mètres. La galène argentifère y était accompagnée de blende, de calamine et de pyrite de fer. Ce sont les mines de Sahla qui produisent la presque totalité du plomb qui s'extrait des deux royaumes. Nous en parlerons plus loin, à l'article des mines d'argent, parce que ce dernier métal est l'objet principal de l'exploitation.

DES GÎTES D'ARGENT.

Amas subordonnés au gneiss.

L'argent est extrait de la galène argentifère que l'on trouve dans quelques gîtes subordonnés au gneiss, entre autres à Fahlun et à Löfäs, ainsi qu'il a été dit. Mais on l'extrait principalement de gîtes en filons à Sahla en Westmanie, et à Kongsberg en Norvége.

Mines de plomb et d'argent de Sahla.

C'est dans un amas considérable de calcaire qui est enclavé dans le gneiss, que se trouvent les filons de plomb et d'argent de Sahla.

Du calcaire qui renferme le gîte.

La longueur de cette masse de calcaire est d'environ 9.800 mètres, et il atteint 2.650 mètres dans sa plus grande largeur. Elle est, comme il arrive ordinairement, allongée dans le sens de la direction moyenne du gneiss qui va du nord-est au sud-ouest. Du pétrosilex et des rognons de serpentine, disposés en lits parallèles, se rencontrent fréquemment dans le calcaire. Voici la composition d'une variété de ce pétrosilex, qui appartient au hälleflinta des mineurs (1) : Silice,

(1) *Journal der Physik und Chemie*, n° 11.

68,00; alumine, 19,00; chaux, 1,00; potasse, 5,50; protoxyde de fer, 4,00; parties volatiles, 2,50. Total : 100,00.

Le calcaire est en outre traversé par d'autres lits formés de talc et d'asbeste que l'on nomme sköl-lar, quoiqu'ils ne soient pas tout à fait analogues aux skolar de Fahlun. Le granite pénètre non loin de là, dans le gneiss.

Disposition du minerai.

Les filons de galène argentifère ne sont pas nettement séparés du calcaire encaissant; chacun d'eux consiste en un faisceau de veinules irrégulières de minerai qui serpentent au milieu du calcaire sur une largeur d'un décimètre à plusieurs mètres : ils se poursuivent avec une allure rectiligne, suivant une inclinaison voisine de la verticale et des directions parallèles (*fig.* 26 et 27).

Minéraux qui accompagnent la galène.

Les sulfures qui accompagnent la galène argentifère sont la pyrite de fer cubique, la pyrite magnétique, la blende, le fer arsenical, le sulfure d'antimoine, le weissgüttigerz foncé et la géokronite. Ce dernier minéral, que l'on avait pris pour une variété du précédent, a, d'après M. Swanberg, la composition :

$$5PbSu + (Sb^2Su^3, As^2Su^3).$$

Il renferme du cuivre, du fer, du zinc et des traces d'argent et de bismuth. On a encore trouvé à Sahla, mais très-rarement, l'argent massif, l'antimoine natif, un amalgame d'argent et du cinabre.

Le calcaire saccaroïde ou lamellaire, qui forme la gangue des filons, est fort souvent mélangé intimement à du pyroxène malacolite verdâtre et compacte, que l'on a aussi nommé *sahlite*; il

se distingue du pétrosilex, avec lequel on pourrait, au premier abord, le confondre, en ce qu'il ne fait pas feu au briquet. Il est à remarquer que le malacolite ne se trouve qu'associé à la galène ou dans son voisinage, de telle sorte que sa formation paraît se lier à celle de la galène. Il en est de même de la chlorite, qui s'y trouve quelquefois en grandes lames, et dont la composition, donnée par Swanberg, est analogue à celle du mica magnésien (1).

Les autres minéraux qui accompagnent la galène sont : la dolomie, la baryte sulfatée, le gypse, le quartz, le mica, ordinairement brun, le grenat, l'amphibole grammatite et actinote, l'asbeste, l'épidote et le pikrophylle, dont la composition est : $3(M, F)\, Si^2 + 2Aq$ (2).

Les mineurs savent distinguer le calcaire associé au minerai qu'ils nomment *ädelklyft* du calcaire stérile (*oädelklyft* ou *ofyndigkalk*).

Richesse du minerai en argent.

La galène de Sahla, quand elle est débarrassée de ses gangues, renferme de 24 à 40 lots d'argent au quintal ou de 0,0075 à 0,012. Elle est à grandes ou à petites facettes, ou à grains fins.

Les filons de Sahla sont postérieurs au calcaire.

Malgré la liaison intime qui existe entre les filons et la roche encaissante, liaison d'après laquelle on les a généralement considérés jusqu'ici comme étant contemporains du calcaire, il est facile de reconnaître qu'ils sont de formation postérieure à cette roche. D'abord, une multitude de fragments anguleux de calcaire se trouvent empâtés dans la galène; en outre, les filons se poursuivent avec beaucoup de régularité et en ligne droite, en cou-

(1) Berzélius. *Jahresbericht*; 1840, p. 131.
(2) *Id.* *Id.* *Id.* p. 119.

pant quelquefois les strates de la roche. Enfin, voici ce qui le montre le plus clairement : l'amas de calcaire est traversé par un filon de trapp (*swart* ou *trapsköler*), dont la puissance va de 0m,10 à 0m,30 : il est bien caractérisé comme filon et ordinairement partagé en prismes perpendiculaires à ses deux parois. Or, ce filon, qui est certainement plus récent que le calcaire, renferme quelquefois du minerai dans ses fissures, et il est même traversé par le filon de la *storgrufva*.

Épanchements latéraux des filons.

Le minerai ne se trouve pas exclusivement dans les filons ; la roche avoisinante s'en trouve quelquefois imprégnée jusqu'à quelques mètres de distance, ainsi que le montre la coupe (*fig.* 27, *Pl. VII*) ; il y a de ces épanchements latéraux qui ont été très-productifs.

Dimensions des filons.

Il existe 10 de ces filons tous parallèles entre eux. Le principal que l'on a reconnu sur une longueur de plus de 700 mètres, n'a été exploité qu'environ sur la moitié de cette longueur ; dans les autres filons, la partie productive s'étend seulement de 100 à 170 mètres. Les deux filons extrêmes du groupe sont distants de 120 mètres. Les fig. 26 et 27, dont je dois la communication à l'obligeance de M. le Bergrath de Forselles, représentent la disposition des filons des environs de Sahla.

Non loin des gîtes de plomb et d'argent, on a exploité autrefois des amas de cuivre et de fer oxydulé magnétique.

Mines d'argent de Kongsberg.

Les environs de Kongsberg (1) se composent de roches schisteuses primitives, parmi lesquelles

---

(1) *Hausmann's Reise durch Scandinavien*, tome II, page 1. — Böbert. *Ueber den Kongsberger Bergbau* ; *Karstens Archiv.*, tome XII, page 267.

prédominent le micaschiste et le schiste amphibolique, auxquels sont subordonnés le schiste talqueux et le schiste chloritique, comme dans la contrée de Röraas; le grenat est d'une abondance remarquable dans toutes ces roches. J'ai observé aussi, dans la collection du roi, à Copenhague, du schiste amphibolique de cette localité, renfermant un zircon, substance qui n'a pas encore été indiquée dans les environs de Kongsberg.

Des faldbandes. Certaines portions de ces roches schisteuses sont imprégnées de divers sulfures métalliques, particulièrement de pyrites de fer ordinaire et magnétique, de cuivre pyriteux, de blende et de galène; ces substances y sont en particules extrêmement fines et souvent même tout à fait invisibles à l'œil nu. Les roches métallifères forment des bandes allongées, dans le sens général de la schistosité du terrain, auxquelles les mineurs ont donné le nom de *faldband:* le plan (*fig.* 28) en représente la disposition; il en est qui sont indiquées avec une longueur de plus d'un myriamètre, et une largeur de plus de 300 mètres. Mais il faut remarquer que ces faldbandes sont entremêlées de beaucoup de lits stériles.

Les faldbandes contiennent aussi de l'argent à l'état natif ou à celui de sulfure; mais ce métal y est en trop petite quantité pour qu'on puisse l'en extraire; car elles n'en renferment guère que $\frac{1}{4}$ de lot au quintal ou $\frac{1}{12800}$. Les roches métallifères ne se reconnaissent souvent qu'à la teinte rougeâtre qu'elles prennent par suite de la décomposition du sulfure de fer. Cependant, à peu de distance de Kongsberg, trois de ces sulfures, la pyrite de fer ordinaire, la pyrite magnétique et le cuivre pyriteux, sont concentrés en assez grande abondance

pour pouvoir y être exploités et servir aux fontes crues de l'usine. Ces accumulations de pyrite présentent une grande analogie avec les amas cuprifères subordonnés au gneiss dont il a été question plus haut.

Dimensions des filons.

Le minerai exploitable se trouve dans de nombreux filons qui, en général, coupent à angle droit les faldbandes. Ils s'étendent ordinairement de l'est à l'ouest, et plongent en général vers le sud en se rapprochant de la verticale. La puissance d'un même filon varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres. On a cru remarquer que les filons sont plus épais à une profondeur moyenne qu'à la surface, ou qu'à une profondeur de 200 mètres, et que leur richesse était en raison inverse de leur puissance.

Relation des filons et des faldbandes.

Ainsi qu'on l'a signalé depuis longtemps, la richesse de ces filons est dans la dépendance la plus évidente des roches qu'ils traversent. Jamais ils ne sont argentifères que dans l'intérieur des faldbandes; dès qu'ils en sortent, leur remplissage ne se compose plus que de gangues pierreuses. Cependant il faut remarquer que la réciproque n'est pas vraie, c'est à-dire, que certains filons sont pauvres, même en traversant les faldbandes. La *fig.* 29 donne une idée de la répartition du minerai d'argent dans ces filons (*g* gneiss ordinaire; *g''* faldbande; *a*, *a* parties argentifères du filon *ff*). On voit aussi, d'après la carte des environs de Kongsberg, que toutes les mines sont renfermées dans les faldbandes.

Composition minéralogique des filons.

Dans les filons de Kongsberg l'argent se trouve surtout à l'état natif et à l'état de sulfure, beaucoup plus rarement à l'état d'argent rouge et d'argent chloruré; ce dernier n'existe que près de l'af-

fleurement. L'argent natif y est cristallin, ramuleux, filiforme et capillaire. On en a rencontré des masses qui pesaient jusqu'à 100 et 250 kil. L'or natif et l'argent aurifère y sont fort rares. Les pyrites de fer ordinaire et magnétique, le cuivre pyriteux, la blende et la galène, qui sont disséminés dans les faldbandes, existent aussi dans les filons. Ils sont accompagnés d'arsenic natif, qui est quelquefois mécaniquement mélangé à de l'argent.

Les gangues les plus ordinaires sont la chaux carbonatée, la chaux fluatée, plus rarement le quartz et la baryte sulfatée; cette dernière substance est souvent noircie par une matière charbonneuse (hépatite). Le quartz s'y rencontre quelquefois en cristaux nets et limpides comme ceux du Dauphiné. On y a trouvé aussi, mais plus rarement, le feldspath cristallisé appartenant à la variété adulaire, qui a tout à fait l'aspect de l'adulaire du Saint-Gothard; la leucite, tapissant des géodes dans le calcaire; l'asbeste, la chlorite, l'axinite, l'épidote, la dolomie, l'harmotome blanc, gris ou rougeâtre, dont le gisement rappelle celui d'Andréasberg; la stilbite, la prehnite qui, comme dans l'Oisans, accompagne l'axinite et l'épidote; ces trois zéolites tapissent des cavités, et il est facile de reconnaître qu'elles ont été déposées après toutes les substances auxquelles elles sont associées; la wawellitte: je n'en connais qu'un échantillon, qui est dans la collection du roi, à Copenhague, et que pendant longtemps on a pris pour une zéolite; enfin, l'anthracite qui se trouve en morceaux de la grosseur d'une noisette ou d'une noix, le plus ordinairement au milieu du calcaire. La surface de ces morceaux est mamelonnée et polie, comme celle de certaines hématites brunes. Quelquefois

l'argent natif y est disséminé, et les mineurs regardaient autrefois cette circonstance comme étant de bon augure.

Transition des filons à la roche encaissante.

Presque toujours, les filons passent graduellement à la roche encaissante. Les parties qui l'avoisinent au toit ou au mur sont quelquefois assez riches en argent pour être exploitées jusqu'à un mètre de distance, en même temps que le filon proprement dit; la ligne de démarcation est plus nette dans le schiste amphibolique que dans le schiste talqueux.

Forme et dimensions des filons.

Les filons sont habituellement peu étendus dans le sens horizontal (*fig.* 30-31); leur longueur, qui dépend de la puissance des faldbandes, varie de 40 à 200 mètres, et dépasse rarement 70 à 80 mètres. Une telle disposition force à approfondir rapidement les travaux établis sur chaque filon. Ces mêmes filons se divisent souvent en ramifications comme à la mine du Roi et à la mine des Pauvres (*fig.* 30, *Pl. VII*); les branches étaient encore plus nombreuses à la mine Gotteshülfe; il partait du filon principal plus de 10 ramifications, dont quelques-unes s'y rattachaient dans la profondeur, tandis que d'autres se terminaient en petites veines comme le chevelu d'une racine. On a poussé certaines mines jusqu'à une profondeur de plus de 500 mètres, sans trouver les limites des faldbandes ou des filons.

Variation de leur richesse.

La richesse des filons de Kongsberg est très-irrégulière, et de là, les vicissitudes presque sans exemple qu'offre l'histoire de ces mines. A 10 mètres au-dessous du niveau où la mine du Roi (kongsgrube) avait été abandonnée, on a trouvé d'énormes accumulations d'argent massif. Comme dans beaucoup d'autres lieux, il y a souvent enrichis-

sement à la rencontre de plusieurs branches. Les mineurs prétendent aussi que lorsque l'un des filons est riche dans la partie où il traverse une des faldbandes, les filons qui l'avoisinent sont pauvres dans cette même faldbande.

Étendue du district métallifère.

Les filons argentifères sillonnent la contrée sur une étendue considérable, savoir : sur une longueur de 20 kilomètres depuis les recherches de la forêt de Liöterud, dans le Sandsward, au sud, jusqu'à celles situées vers le nord, près de Ramwig et Flesberg; la largeur du district va jusqu'à 20 kilomètres.

Du remplissage des filons.

D'après la relation remarquable signalée plus haut, entre la richesse des filons et les roches encaissantes, il faut supposer ou que les sulfures métalliques se sont répandus à partir des filons dans les faldbandes, ou, inversement, que le remplissage de ceux-ci, résultant d'émanations latérales, a dû être influencé par la nature de la roche qu'ils traversaient. Cette dernière supposition seule est admissible : en effet, l'uniformité de la composition des faldbandes sur de très-grandes longueurs, même dans des endroits où elles ne sont coupées par aucun filon, ne peut laisser admettre la première supposition. D'ailleurs ces longues zones, imprégnées de sulfures métalliques, ont la plus grande analogie avec d'autres gîtes subordonnés au gneiss dont il a été question plus haut, tels que ceux de Skutterud ou de Hassel, lesquels ne sont traversés par aucun filon.

Cependant il faut observer qu'il n'y a pas identité entre les minéraux métallifères renfermés dans les filons et ceux qui imprègnent les faldbandes. La pyrite de fer ordinaire, la pyrite magnétique, le cuivre pyriteux, la blende et la galène sont

communs aux filons et aux roches encaissantes; mais l'argent, qui ne se trouve que par traces dans les faldbandes, est accumulé en masses de dimensions quelquefois énormes dans les filons; en outre, la chaux carbonatée, le spath fluor, la baryte sulfatée et la plupart des autres minéraux des filons paraissent étrangers aux faldbandes.

Le remplissage des filons de Kongsberg a dû avoir lieu à une époque très-voisine de la consolidation du gneiss, d'où résultent probablement leurs ramifications plus nombreuses que dans les grands filons et leur liaison intime avec la roche encaissante.

Vicissitudes des mines de Kongsberg.

Il est bien peu de mines, sans doute, qui, dans un court espace de temps, aient présenté des vicissitudes telles, que les exploitations de Kongsberg en ont éprouvé depuis le commencement de ce siècle. Découvertes en 1623, elles avaient déjà subi plusieurs alternatives de grands succès et de revers en 1804, époque à laquelle elles furent abandonnées comme étant trop peu productives. En 1815, après que la Norvége eut été séparée du Danemark, les deux mines du district qui offraient le plus de chances favorables furent reprises. Mais depuis lors jusqu'en 1830, l'exploitation, loin de donner des bénéfices, absorba les fortes subventions annuelles que lui avait allouées le Storthing. En 1830, on y rencontra des parties très-riches; l'administration, qui avait cherché inutilement jusque-là à se défaire de cette charge onéreuse, crut que les dernières découvertes attireraient des amateurs, et la totalité des mines fut proposée à l'enchère moyennant un minimum de 75.000 spécies (375.000 fr.). Aucun acquéreur ne s'étant présenté, ces mines furent reprises pour le

compte de l'État. Après avoir donné, pendant les quatorze années précédentes, un déficit de 429.310 sp. (2.146.550 fr.), elles fournirent, de 1830 à 1840, un bénéfice net de 2.305.691 species (11.528.455 fr.). Il faut ajouter qu'un tel bénéfice, bien rare dans l'histoire des mines de l'Europe, a éte réalisé avec un personnel de 110 à 113 mineurs.

Causes de ces vicissitudes.

Les vicissitudes éprouvées par les mines de Kongsberg tiennent en partie à la mauvaise direction que l'on donne aux travaux, et aux abus des administrations qui s'y succédèrent; mais elles résultent aussi de la nature même des gîtes : les filons sont ordinairement très-minces, de sorte qu'en général, il faut abattre inutilement la roche stérile, qui est fort dure, à moins que la roche encaissante ne soit métallifère ou que plusieurs filons ne se trouvent très-rapprochés. De plus, les filons n'étant productifs que dans les schistes sulfurifères, les travaux ne peuvent jamais s'allonger beaucoup, suivant la direction de ces filons. Il est rare que leur développement horizontal dépasse 70 mètres, l'exploitation s'étend donc principalement dans le sens de la profondeur, ce qui devient fort coûteux. La mine de Seegen-Gottes a atteint, dit-on, jusqu'à 564 mètres. Il faut encore ajouter que la richesse des filons est elle-même très-capricieuse, car c'est peu au-dessous du niveau où le gîte paraissait stérile, qu'on a trouvé des masses d'argent natif, dont l'une pesait jusqu'à 697 kilog.

De tels exemples apprennent aux compagnies que ce n'est qu'avec une forte persévérance et par conséquent avec l'appui de capitaux considérables, que l'on doit en général exploiter les mines métalliques dont la richesse est très-irrégulièrement distribuée.

Voici la production des mines de Kongsberg depuis leur origine jusqu'aujourd'hui :

Production en argent des mines de Kongsberg et de Sahla.

ANNÉES.	PRODUIT BRUT total en marcs d'argent fin.	PRODUIT ANNUEL moyen en marcs d'argent fin.
	marcs.	marcs.
De 1624 à 1805.	2.360.140	13.039
De 1805 à 1815.	38.012	3.801
De 1815 à 1831.	40.406	2.525
De 1831 à 1841 exclusiv.	260.696	26.069
Total.	2.699.254	

Ainsi, la quantité d'argent extraite en 217 ans s'élève à 2.670.254 marcs, ou à 917.557$^{kil.}$,41 (1). La production annuelle a donc été moyennement, pendant ce laps de temps, de 4.220$^{kil.}$,37.

D'après un relevé que j'ai fait des productions annuelles des mines de Sahla, depuis 1400 jusqu'à 1840, ces mines ont fourni 19.956^{k}.304 d'argent; ce qui donne une moyenne de 415^{k},35 par an, c'est-à-dire seulement la 93e partie de la production annuelle de Kongsberg.

Production des mines de Kongsberg, comparée à celle de Sahla.

DES GÎTES D'OR.

La pyrite de fer, le cuivre pyriteux, le cuivre sulfuré et la galène de quelques gîtes subordonnés au gneiss renferment de l'or, mais, en général, en trop faible proportion pour que ce métal puisse en être extrait avec bénéfice. Ce-

L'or dans les amas subordonnés au gneiss.

(1) Le marc de Norvége, pour les matières d'or et d'argent, équivaut à 0$^{kil.}$,33993.

pendant à Fahlun, où les différents sulfures métalliques sont aurifères, on sépare l'or qui est associé à la galène. C'est aussi dans un amas de ce genre que l'or a été rencontré à Aardal dans la province de Bergen en Norvége. L'or disséminé en parcelles souvent visibles dans le cuivre pyriteux, le cuivre panaché, le cuivre sulfuré de cette localité, y a été exploité autrefois en même temps que le cuivre.

Or en filons à Kongsberg et a Aedelforss.

On connaît aussi l'or en véritables filons; à Kongsberg, on n'en a trouvé que très-rarement; mais il a été rencontré plus abondamment à Aedelforss en Smolande, dans plusieurs filons quartzeux (1). La roche qui renferme ces filons est d'un gris de fumée. Elle consiste en un mélange intime de quartz et de mica, auquel on donne le nom de *hornstein,* et çà et là elle passe au micaschiste, comme à Fahlun. Elle forme une masse subordonnée au gneiss qui est puissante de plus de 1500 mètres. Les filons, composés principalement de quartz, renferment de la pyrite de fer, de la pyrite de cuivre, du fer oxydé magnétique et de la galène. L'or est contenu en parties indiscernables dans la pyrite; rarement on en aperçoit en feuilles minces ou en grains dans le quartz. Les autres substances qui l'accompagnent sont la chaux carbonatée spathique, le feldspath compacte, la zéolite farineuse $(\dot{C}\dddot{S} + \dddot{Al}\,\dddot{S}^{3} + 4\dot{H})$ et la préhnite. Ces deux dernières substances se trouvent dans les fissures de la roche.

Les filons sont très-sinueux; leur puissance est

(1) *Hausmann's Reise*, tome V, page 401.

comprise entre $0^{m},05$ et 1 mètre. La richesse de la pyrite varie depuis des traces d'or jusqu'à 2 1/4 lots ou 0,0007 de ce métal.

Autres gisements de l'or.

L'or a encore été trouvé autrefois à Swappavara en Laponie, à Arendal et à Eidswold en Norvége, dans des gîtes sur lesquels il manque des renseignements positifs, mais qui sont probablement des amas subordonnés au gneiss.

OBSERVATIONS SUR LES DÉPÔTS MÉTALLIFÈRES DE LA SCANDINAVIE.

Aux observations qui ont été consignées dans la première partie, nous ajouterons quelques considérations sur chacune des espèces de dépôts métallifères, et particulièrement sur les amas du gneiss de la Scandinavie.

1° Des dépôts de minerai de fer des lacs et des marais.

L'oxyde de fer qui se précipite journellement au fond des lacs ou dans les marais, en un grand nombre de lieux de la Suède, y est amené à l'état de dissolution, et il se précipite à l'état de sous-sel organique. M. Berzélius a reconnu (1) que l'acide qui est combiné à l'oxyde ferrique dans ce précipité est l'acide crénique qu'il a découvert dans l'eau minérale de Porla, et qui depuis lors a été rencontré dans beaucoup d'autres sources minérales, où il paraît être un produit de la décomposition des matières organiques. Ce sous-crénate de peroxyde de fer peut se former par décomposition du crénate ferreux qui est soluble.

Selon les traditions de quelques localités, quand le minerai d'un lac est épuisé, on en retrouve de

(1) Iahresbericht, t. XVII, p. 210.

nouveau en quantité exploitable au bout de 40 ans.

2° Des gîtes en filons. On connaît de véritables filons de cuivre à Kaafjord et à Raipas. Il a été aussi établi que les dépôts de plomb argentifère de Sahla et ceux d'argent de Kongsberg sont en filons ; enfin, le gîte d'Eidsfoss appartient encore à la même catégorie.

Plusieurs de ces filons, particulièrement ceux de Kongsberg, d'Eidsfoss et de Sahla, comparés aux filons classiques de la Saxe, d'une partie de l'Allemagne et de la France, présentent cependant une particularité : c'est l'existence de différents silicates anhydres et hydratés, qui se trouvent habituellement dans des roches pyrogènes, et dont quelques-uns paraissent avoir été en partie formés par les éléments des roches encaissantes, comme, par exemple, le pyroxène sahlite qui accompagne la galène à Sahla. Ces filons-fentes avec leurs silicates variés établissent donc, sous le rapport de la composition minéralogique, une transition entre les amas subordonnés au gneiss et les filons exploités pour les mêmes métaux dans la plupart des autres contrées (1).

3° Des amas de contact. Analogie du gîte de Cimbrishamn avec ceux des arkoses. Les dépôts des environs de Cimbrishamn ressemblent beaucoup par leur gisement et par leur composition aux accumulations de minéraux variés que l'on rencontre dans les arkoses en différents points du contour du plateau granitique de la France centrale, aux limites du granite des environs de Champoléon, à Badenweiler et à Wald-

(1) Les filons aurifères d'Eidsfoss ressemblent beaucoup en tout point aux nombreux filons qui avoisinent les amas de Fahlun.

shutt, dans la Forêt-Noire, etc. Seulement ici, l'épanchement métallifère, au lieu d'avoir eu lieu dans le terrain jurassique ou dans le trias, est incorporé dans le terrain de transition.

Analogie et différence entre les gîtes de la Norvége et ceux des arkoses.

Quant aux gîtes du terrain de transition du sud-ouest de la Norvége, on a vu que leur situation est parfaitement caractérisée : ils sont constamment, soit à la jonction de ce terrain avec les diverses roches plutoniques qui le traversent (granite, syénite ou diorite), soit à peu de distance du contact, dans l'un ou dans l'autre terrain, mais surtout dans les couches de transition. Par leur situation, ils sont donc aussi tout à fait analogues aux amas de contact, signalés par M. Fournet (1), aux gîtes de l'île d'Elbe, et particulièrement à ceux de Framont dans les Vosges.

Mais si les amas dont il a été question renferment différents minéraux, tels que la galène, le cuivre pyriteux, la chaux carbonatée, le spath fluor, qui appartiennent aussi aux dépôts des arkoses, ils s'en éloignent par la présence du fer oxydulé, du molybdène sulfuré et de divers silicates anhydres, tels que le grenat, l'épidote, l'helvine ; tandis qu'ils se rapprochent d'une manière frappante des gîtes subordonnés au gneiss en Scandinavie. Ces gîtes constituent donc un autre passage entre deux types de dépôts métallifères en apparence fort éloignés, les épanchements des arkoses et les gîtes subordonnés au gneiss; ils présentent de l'intérêt du point de vue théorique en rattachant la formation des amas problématiques du gneiss, dont les caractères originels sont en

(1) Fournet. Études sur les dépôts métallifères, p. 193.

partie éliminés, à celle de gîtes plus récents, et où les circonstances qui ont accompagné leur formation sont moins difficiles à saisir.

Abondance de la pyrite vers la jonction des roches plutoniques et de transition.

On a déjà dit que la pyrite de fer, si fréquemment disséminée dans les roches plutoniques, est surtout abondante vers la jonction de ces roches avec le terrain de transition. C'est ce que M. François a observé dans les montagnes de l'Ariége et de la Haute-Garonne (1). C'est aussi ce que j'ai remarqué très-nettement dans la chaîne des Vosges sur plusieurs points, particulièrement dans le porphyre de Framont. Mais nulle part je n'ai vu le fait aussi bien caractérisé que dans différents filons de roches amphiboliques qui traversent le terrain de transition des environs de Christiania, entre autres à Aggersbach et à Tyve-Holmen : la pyrite, qui y est disséminée dans toute la masse de ces roches, y est surtout accumulée près de leur contact avec le schiste, sous la forme de nombreux cristaux cubiques, dont la dimension atteint quelquefois un centimètre. Dans le voisinage de la roche ignée, le schiste est durci, et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est qu'il est lui-même imprégné de pyrite jusqu'à une certaine distance. Le sulfure de fer a passé d'une roche à l'autre d'une manière difficile à expliquer, qui n'est peut-être pas sans analogie avec le mode de formation des amas de contact si fréquents dans la contrée.

4° Des amas incorporés dans les roches ignées.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'amas de Taberg paraît être analogue aux vastes dépôts de l'Oural, aux serpentines ferrifères du pied du Monte-Rosa, aux dépôts cuivreux renfermés dans

(1) *Annales des Mines*, 3e série, tome XVIII, page 417.

des roches plutoniques de la Toscane, particulièrement à ceux du Monte-Catini. Ainsi que le dit M. Amédée Burat (1), pour ces derniers on doit croire que le gîte de Taberg résulte d'émanations métallifères qui ont suivi immédiatement l'éruption de la masse amphibolique, et qui se sont concentrées particulièrement dans les fissures de retrait.

5° Des amas enclavés dans le gneiss.

Liaison des amas exploités pour fer, cuivre, cobalt, plomb et argent.

Les nombreux amas exploités en Scandinavie, pour fer, pour cuivre, pour cobalt et pour plomb argentifère, sont quelquefois de composition si différente, qu'au premier abord on peut être tenté de les partager en plusieurs catégories. Mais quand on en a examiné un grand nombre, on reconnaît qu'ils appartiennent tous à un même groupe dans lequel on ne peut établir de démarcations tranchées, comme il arrive en Saxe, par exemple, où le fer, le cobalt, l'étain, le plomb sont renfermés dans des filons et même dans des systèmes de filons distincts. Voici quelques exemples de ces passages.

Un gîte exploité pour fer oxydulé renferme souvent, en petite quantité, la pyrite de cuivre; la proportion de cette dernière substance peut devenir assez forte pour qu'elle soit elle-même exploitée, comme dans plusieurs des gîtes des environs de Ridarrhytta, malgré la difficulté que le fer oxydulé introduit dans le traitement métallurgique. L'amas cuivreux de Fahlun, où l'oxyde magnétique est peu abondant, complète le passage de ces amas mixtes aux amas de minerai de cuivre, dans lesquels cet oxyde manque presque totalement, et qui sont les plus nombreux. Quelquefois c'est dans le même gîte que ces transitions

(1) Burat, Géologie appliquée, p. 141.

s'observent : ainsi, près de Ridarrhytta, on a exploité une même mine d'abord pour fer, puis pour cuivre, et à Swappavara (1) en Laponie, un amas de fer oxydulé puissant de 60 à 80 mètres est entouré d'amas contemporains de minerai de cuivre.

Une liaison non moins évidente s'observe entre les amas exploités pour cobalt ou pour plomb et les précédents. Le cobalt gris est accidentellement disséminé dans le fer oxydulé ou dans la pyrite de cuivre, ainsi qu'on peut le reconnaître sur de simples échantillons. En quelques lieux, comme à Gladhammar, à Tunaberg, à Hokansboda, il y devient assez abondant pour être exploité, et ailleurs, comme à Loos en Helsingland, il devient le minerai prédominant.

Enfin, la galène se rencontre fréquemment en faible quantité dans les amas cuivreux; elle est plus rare dans les gîtes de fer; cependant, au Bispberg, elle s'est rencontrée en assez grande quantité pour qu'on ait cherché à en tirer parti.

Des passages, tout aussi graduels, s'observent quant à la nature des gangues qui tantôt sont essentiellement quartzeuses, tantôt principalement calcaires et magnésiennes. Toutes ces variations de minerai et de gangue que l'on observe quelquefois dans des gîtes très-voisins l'un de l'autre, comme à Tunaberg ou à Gladhammar, sont comparables aux différences que présentent souvent divers filons appartenant au même système.

Si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les plusieurs centaines d'amas qui sont enclavés dans

---

(1) Hermelins, *Försök till mineral Historia öfwer Lappmarken*, 1804.

De la composition minéralogique des gîtes subordonnés au gneiss.

le gneiss de la Scandinavie, il est facile de remarquer, au milieu de leurs variations accidentelles, que leur composition *essentielle* est aussi simple qu'uniforme. Ils consistent surtout en fer oxydulé, pyrite de fer ordinaire ou magnétique, cuivre pyriteux, beaucoup plus rarement en galène et en cobalt gris. Les gangues sont : la chaux carbonatée, le quartz et divers silicates, pour la plupart magnésifères, parmi lesquels le grenat, l'amphibole et l'épidote sont les plus communs.

Mais dès que l'on tient compte de toutes les substances plus ou moins rares qu'un certain nombre d'entre eux renferme, on est au contraire étonné de la composition complexe du système d'amas qui nous occupe. Les minéraux que l'on y a trouvés sont les suivants :

Pyrite de fer ordinaire, pyrite magnétique, cuivre sulfuré, pyrite de cuivre, cuivre panaché, fer arsenical, cobalt gris, cobalt arsenical, cobalt sulfuré, nickel gris, galène argentifère, bismuth sulfuré, molybdène sulfuré, séléniure de cuivre, eukairite, tellurure de bismuth, fer oxydulé magnétique, fer oligiste, oxydes de manganèse, de nickel, de cobalt; de cuivre; oxyde d'urane hydraté, corindon, gahnite, or, argent, cuivre et bismuth natifs, chaux fluatée, fluorure de cérium hydraté, chaux carbonatée spathique, carbonates à base de chaux, magnésie, oxyde ferreux et oxyde manganeux; baryte sulfatée, apatite, berzélite, phosphate d'yttria, tungstate de chaux, œrstédite, quartz, feldspath, mica, talc, chlorite, épidote, grenat, amphibole, asbeste, pyroxène, scapolite, hisingérite, gillingite, pétalite, triphane, lépidolite, tourmaline, axinite, datolite, botryolite, pyrosmalite, sphène, cérine, cérite, gado-

linite, orthitite, émeraude, zircon, serpentine, pikrophylle, saponite, apophyllite, stilbite, laumonite, chabasie, analcime, zéolite farineuse, graphite, anthracite et bitume (1).

Ces minéraux, qui forment un total de plus de 80 espèces, renferment au moins 42 (2) corps simples sur les 57 qui sont connus : ce sont le silicium, le bore, le carbone, l'hydrogène, le fluor, le chlore, l'oxygène, le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, l'étain, le zinc, le cadmium ? le bismuth, le mercure ? l'argent, le plomb, le potassium, le sodium, le lithium, le baryum, le calcium, le magnésium, l'yttrium, l'aluminium, le zirconium, le cérium, le lanthane, le didyme, le manganèse, le fer, le nickel, le cobalt, le cuivre, l'or, le vanadium, le molybdène, le tungstène et l'urane.

Nulle part ailleurs, hors des gîtes qui appartiennent à la catégorie de ceux qui nous occupent, même dans les groupes de filons les plus riches en minéraux variés, tels que ceux des environs de Pzibram en Bohême, ou de Beresowsk en Sibérie, on n'a trouvé une réunion d'éléments et de combinaisons si variés.

Rareté comparative du spath fluor et de la baryte sulfatée.

Parmi les corps qui manquent, on peut citer l'iode, le brôme ; la pyrosmalite, le seul minéral renfermant le chlore, n'a été trouvée qu'en très-faible quantité et dans une seule mine à Nordmark. Enfin, le quatrième membre de ce groupe,

(1) L'anthracite et le graphite, dans tous les gîtes où ils ont été rencontrés, sont accompagnés de bitume ; ce qui doit faire penser que ces trois substances sont d'origine organique.

(2) En y comprenant le didyme, métal associé au cérium et au lanthane, et découvert par M. Mosander.

le fluor, très-fréquent à l'état de spath fluor, dans un grand nombre de gîtes plus récents, se trouve rarement, en Suède, à cet état de combinaison. La rareté, au milieu de toutes ces richesses minérales, de la baryte sulfatée, qui est si abondante dans beaucoup de dépôts métallifères postérieurs, est encore plus remarquable; cette substance n'a effectivement été trouvée dans les gîtes subordonnés au gneiss de la Scandinavie que dans cinq ou six localités, et encore en petite quantité. Il est à remarquer d'un autre côté que le spath fluor et la baryte sulfatée, ou l'un de ces deux minéraux au moins, se trouvent plus abondamment dès que l'on passe à des dépôts métallifères moins anciens, tels que ceux de Cimbrishamn, de la contrée de Christiania, de Sahla et de Kongsberg.

Leur relation avec la roche encaissante.

Très-rarement il existe une démarcation nette entre l'amas de minerai et la roche encaissante. Les transitions qui lient l'un à l'autre sont de nature variées; celles qui ont été signalées plus haut pour les amas des environs d'Arendal ne sont pas les seules que l'on observe : au Solberg, près Naes, le gneiss passe graduellement à une roche granitoïde à grands cristaux qui forme l'enveloppe du fer oxydulé; souvent aussi le gneiss se transforme insensiblement en micaschiste, surtout près des amas où le quartz prédomine. Enfin, dans d'autres localités, le minerai, au lieu d'être à peu près isolé de la roche voisine sous forme de grandes amandes, y est intimement mélangé; le gîte consiste alors en un gneiss ou en un micaschiste imprégné de minéraux métalliques comme les roches quartzeuses et aurifères du Brésil : telles sont, en Norvége, les mines de fer de Hassel, celles de cobalt de Skutterud, ou enfin, les célèbres *fald-bandes* de Kongsberg. Dans un assez grand nom-

Leur cristallisation est contemporaine de celle du gneiss.

bre de lieux, les divers gîtes sont renfermés dans les amas de calcaire si fréquents dans le gneiss de la Scandinavie, comme à Långsbanhytta, Tunaberg, Hokansboda, etc., et alors ils sont riches en silicates à base de chaux. Ainsi, par leur disposition parallèle à la schistosité du gneiss et leur passage habituel à cette roche, ces gîtes diffèrent des filons proprement dits. On reconnaît qu'ils ont cristallisé en même temps que le gneiss, et on pourrait les distinguer des amas intercalés par le titre d'*amas concordants*.

Ces gîtes ont été à l'état de fusion.

Les mêmes amas présentent des traces évidentes d'une fusion primitive. Ainsi l'oxyde de fer et les sulfures métalliques sont souvent mélangés avec des silicates anhydres et diverses zéolites qui se rencontrent habituellement dans les roches plutoniques. L'existence de nombreuses veines granitiques qui prennent naissance dans certains amas et se ramifient dans le gneiss voisin, le montre encore plus clairement; nous avons d'ailleurs fait remarquer qu'à Utö, les silicates de la masse granitique sont groupés conformément à leur différence de fusibilité.

Parties bréchiformes.

On rencontre aussi dans quelques-uns de ces gîtes des parties bréchiformes intéressantes, surtout dans les paroisses de Norberg et de Grangjaerde et au Dalkarlsberg, paroisse de Nora en Dalécarlie. De nombreux fragments bien anguleux de minerai, comme ceux qui résulteraient de son concassement, sont réempâtés dans du quartz, et dans de la chaux carbonatée pure ou manganésifère, de telle sorte qu'ils servent à démontrer que ces dernières gangues ont été à l'état pâteux ou fluide après la consolidation du fer oxydulé. Ces mêmes substances, tantôt à l'état compacte ou à l'état cristallin, forment à la surface du fer oxy-

dulé des croûtes superficielles où il entre aussi de l'épidote. Tous ces faits, importants à constater d'une manière positive, n'ont cependant rien de surprenant, puisque la roche encaissante elle-même paraît avoir cristallisé à une température élevée.

Cause présumée de l'impureté des minéraux composants.

C'est peut-être à une fusion simultanée de toutes ces substances qu'il faut attribuer l'impureté, et par suite les couleurs sombres et l'absence de transparence de beaucoup de minéraux du Nord, dont la physionomie particulière a été déjà remarquée par M. Hausmann. Ces minéraux sont assez rarement en cristaux, et alors ils ne présentent ordinairement que des formes peu compliquées, à part l'apophyllite d'Utö et de Nordmark et la datolite; ce dernier fait rentre dans la remarque faite par M. Beudant (1), que les cristaux mélangés mécaniquement de matières plus ou moins fines ont des formes plus simples que ceux qui sont plus purs.

Gîtes métallifères analogues dans d'autres contrées.

D'autres contrées renferment des gîtes enclavés dans le gneiss, dont les caractères sont très-analogues à ceux des amas de la Scandinavie, à part la présence de quelques minéraux renfermant le cérium, le lanthane, le didyme, l'yttria la glucine, et la zircone, qui n'ont encore été signalés que dans les mines de la Suède. La Finlande, quoique offrant de grandes ressemblances avec la Suède, n'en renferme qu'un assez petit nombre, qui sont principalement situés près d'Helsingfors, d'Abo, et à Orijärfvi; mais ils sont particulièrement nombreux dans la haute Silésie, en Saxe, dans le Banat, en différentes parties des Alpes et dans quelques provinces des États-Unis. Nous en dirons

(1) Traité de minéralogie, tome I, page 190.

quelques mots afin de pouvoir y trouver un terme de comparaison.

Haute Silésie. Dans toutes ces contrées, les gîtes dont il est question sont subordonnés au gneiss, au micaschiste ou à d'autres roches schisteuses cristallines, avec des amas de calcaire, de dolomie et de roches amphiboliques. M. de Oenhausen en cite aussi dans le schiste argileux autrefois nommé *primitif* (Urthonschiefer) de la haute Silésie (1). Les couches de fer oxydé rouge, les amas de pyrite de fer, de galène et de blende subordonnés au terrain de transition de ce dernier pays établissent encore, conformément à ce qui a été dit pour ceux de la Suède, une transition entre les gîtes enclavés dans le gneiss et les dépôts subordonnés à tous les terrains stratifiés.

Saxe. Les amas des environs de Schwarzenberg et de Breitenbrunn en Saxe, dont M. le Berghauptmann Freisleben et M. le professeur Naumann (2) ont donné une description très-circonstanciée, et que j'ai aussi eu occasion de visiter, sont très-analogues à ceux du Nord. M. Naumann les considère comme ayant été injectés, ainsi que les masses de grünstein, de calcaire grenu et de dolomie qui les accompagnent à la manière des roches plutoniques, et il propose pour cela de les nommer *filons-couches* (Lagerfoermige gaenge). Il se fonde principalement sur ce que certaines masses de grünstein ou de calcaire forment des ramifications dans la roche encaissante et en empâtent des fragments. Ce fait, analogue à d'autres

(1) *Beschreibung von Oberschlesien von v. Oenhausen*, page 46.

(2) *Freisleben geognostische Arbeiten*, page 47. — Naumann. *Erlaeuterungen zur geognostischen Karte von Sachsen*, cah. 2, page 219.

que j'ai signalés plus haut pour la Suède, prouve seulement, ce me semble, que le calcaire ou le grünstein a été ramolli. Alors il a pu, par suite de mouvements du terrain, être intercalé dans la roche voisine.

Les nombreux gîtes des districts d'Oravicza, de Dognaska, de Szaska et de Moldova dans le Banat, dont quelques-uns étaient déjà exploités par les Romains, sont souvent associés, comme en Suède, en Norvège et en Saxe, aux amas de calcaire : quelques-uns de ces amas calcaires atteignent des dimensions de 1000 mètres à 4000 mètres de largeur sur 12000 mètres de longueur. Les principaux minéraux que l'on y a trouvés sont (1) : les minerais de cuivre ordinaires (cuivre pyriteux, cuivre panaché, cuivre gris, cuivre sulfuré, cuivre oxydé noir, cuivre oxydulé, cuivre phosphaté, carbonates de cuivre), la galène argentifère, le sulfure d'antimoine ; la bournonite, l'acide antimonieux, la blende, la calamine, le fer oxydulé, le fer oligiste, la pyrite de fer, le fer spathique, le fer arsenical, le cobalt arsenical, le molybdène sulfuré, l'or natif qui est aussi renfermé dans la galène et le cuivre gris : outre les gangues principales qui sont le calcaire et le grenat, on trouve la dolomie, le quartz, l'amphibole, la lithomarge, l'apophyllite et d'autres zéolites. Les minerais de fer ne prédominent pas dans le Banat comme dans le Nord, tandis que la calamine qui n'existe pas dans les amas de la Suède, y a été abondamment rencontrée. Ce sont le cuivre, le plomb, l'argent, le zinc et l'or qui y ont été principalement exploités. Banat.

Enfin les États de New-York, de Connecticut,

(1) Martini. *Die geognostischen Verhältnisse in den Banaten Bergwerks Revieren. Mineralogisches Taschenbuch*, 1823.

Amérique du Nord.

de Massachussets et de la Caroline du Nord (1) renferment aussi des amas de fer oxydulé et des différents sulfures métalliques, qui paraissent avoir la plus grande analogie avec les amas de la Suède. Ils renferment les mêmes substances et sont aussi associés à des amas de calcaire cristallin, de roches amphiboliques et de serpentine; quelquefois en outre à des gîtes puissants de graphite comme à Raleigh (2) dans la Caroline du Nord. La présence de divers minéraux renfermant le tantale, le zirconium, le glucinium, dans les veines granitiques de Haddam, de Chesterfield, de Goshen, de Midletown, etc., forme un trait de ressemblance de plus entre la composition chimique de ces deux régions du globe. D'ailleurs leur structure où l'horizontalité des couches de transition est habituellement conservée, le mode de dispersion des matériaux diluviens, un relief remarquable par la présence de vastes lacs, tout le sol enfin d'une partie de l'Amérique du Nord, jusqu'à la végétation qui le recouvre, paraît rappeler en tout point la péninsule scandinave (3).

Ils diffèrent des amas plus récents par leur composition complexe.

Les gîtes enclavés dans le gneiss de la Suède étant contemporains de la cristallisation de ce terrain, remontent aux époques géologiques les plus anciennes dont il nous reste des traces distinctes; or, bien que l'on ait montré plus haut l'analogie qui les réunit aux dépôts subordonnés aux terrains stratifiés, ils diffèrent de tous ceux qui sont encaissés dans des roches moins anciennes par la complexité de leur

(1) Hitchcock. *Geology of Massachussets.* — Shepard. *On Connecticut.*—Mather. *Silliman's American Journal*, XXI, page 97.

(2) Olmsted. *Silliman's American Journal*, XIV.

(3) Kealing. *Narrative of an expedition*, etc.

composition. Ce qui caractérise les amas de la Scandinavie, ce n'est pas seulement la présence d'un très-grand nombre de corps simples et en particulier de minéraux renfermant le cérium, le lanthane, le didyme, l'yttria et la zircone qui n'ont pas été trouvés dans les autres gîtes métallifères de l'Europe, mais c'est aussi ce mélange intime de composés très-variés d'oxydes métalliques avec des sulfures, séléniures, tellurures et arséniures des gangues habituelles des gîtes en filons avec des substances que l'on ne rencontre guère que dans les roches d'origine plutonique, telles que l'amphibole, le pyroxène, l'épidote, le mica et différentes zéolites, et au milieu de tout cela, comme pour qu'il y ait des représentants de toutes les familles minéralogiques, des traces de combustibles charbonneux et de bitume. C'est une richesse de composition qui rappelle celle des roches schisteuses aurifères et ferrifères du Brésil dont la formation paraît aussi très-ancienne, et que l'on retrouve, encore à part la présence de différentes raretés, dans les amas subordonnés au gneiss d'autres contrées, comme au Banat ou en Saxe. Les amas d'époque postérieure qui s'en rapprochent le plus, tels que ceux de l'île d'Elbe, les vastes dépôts de l'Oural, etc., sont en général de composition plus simple : la complexité des premiers constraste surtout avec la simplicité des dépôts les plus récents, tels, par exemple, que ceux de fer pisolitique si répandus en France.

L'association de l'oxyde d'étain aux fluosilicates et aux borosilicates se retrouve dans tous ces amas.

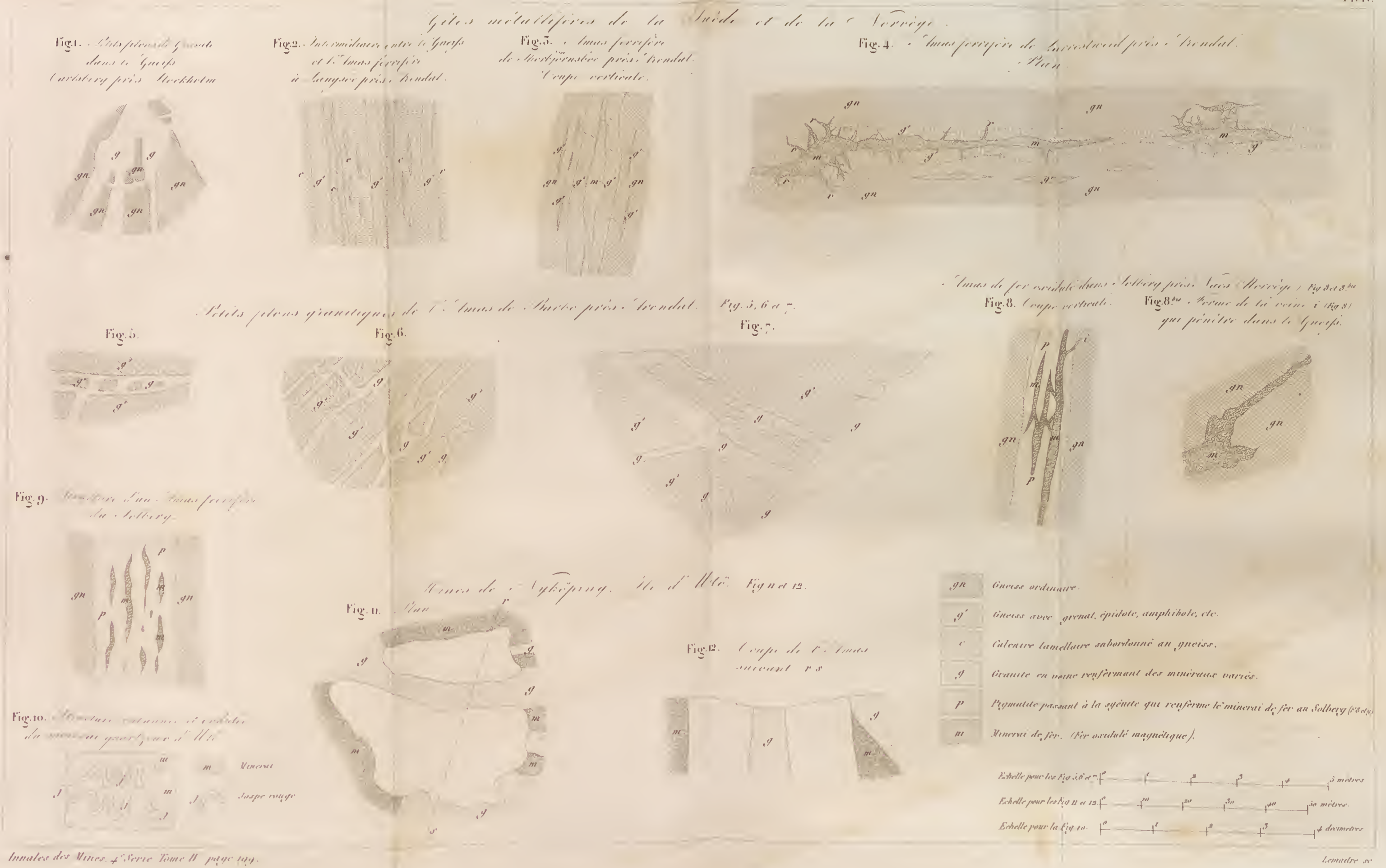
Cependant au milieu de cette confusion apparente, la règle générale qui a été signalée dans un mémoire précédent (1) sur la constance de l'as-

(1) *Annales des Mines*, 3e série, tome XX, page 101.

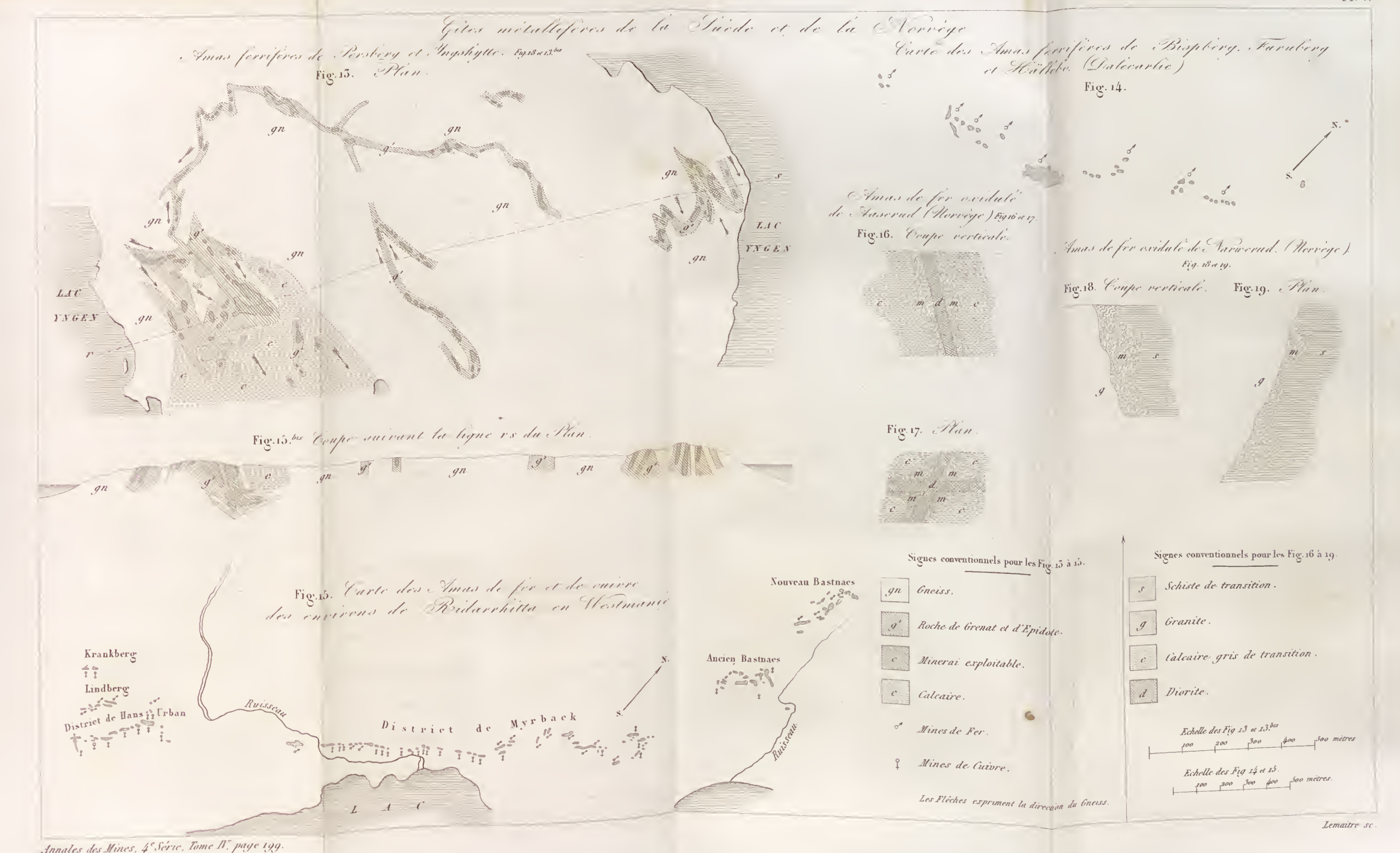
sociation des borosilicates aux fluosilicates et à l'oxyde d'étain, dans les Stockwerks stannifères, reçoit une confirmation bien frappante dans cette autre catégorie d'amas qui se trouvent aussi par cette circonstance reliés aux Stockwerks. Le seul des gîtes de la Suède au nombre de plus de 400 où l'oxyde d'étain a été rencontré, celui d'Utö, est aussi celui où les fluosilicates (lépidolite et mica fluoré) sont les plus abondants, et le seul actuellement exploité où la tourmaline a été indiquée (1). Dans deux autres mines où on a trouvé des borosilicates, ils étaient aussi accompagnés de composés fluorés, c'est à Nordmark près Philippstadt et à Nödebro près Arendal. La grande probabilité pour que ces coïncidences ne soient pas un effet fortuit s'approche encore davantage de la certitude quand on étend l'examen aux amas enclavés dans le gneiss de la Saxe dont deux seulement renferment l'oxyde d'étain; ces deux gîtes, situés près de Breitenbrunn et de Wohnhütte, sont à gangue quartzeuse, tandis que dans la plupart des autres le calcaire domine; ils se distinguent en outre par la présence de borosilicates, la tourmaline et l'axinite, qui n'ont pas été signalés par M. Freisleben et par M. Naumann dans d'autres amas. L'association fréquente, dans les plus anciens amas, de l'étain au fluor et au bore, mérite donc d'être considérée au moins comme une règle empirique, lors même qu'on n'admettrait pas l'explication qui en a été proposée.

(1) M. Hisinger a cependant aussi indiqué la tourmaline dans l'ancienne mine de Vanga, en Ostrogothie, mais sans renseignements.

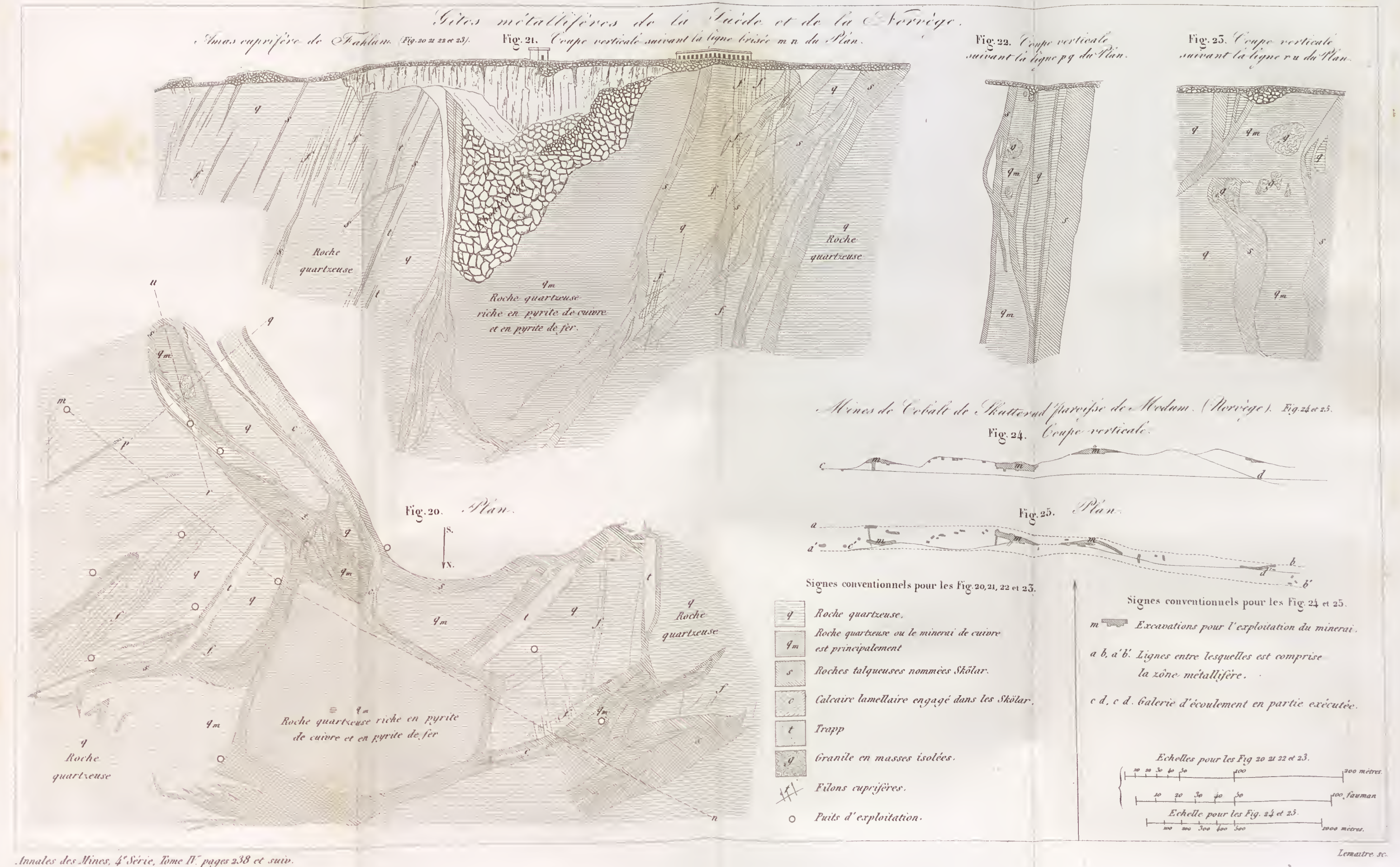
PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
Rue Racine, 28, près de l'Odéon.


Gîtes métallifères de la Suède et de la Norvège.
Fig. 1. Petits filons de Granite dans le Gneiss Carlsberg près Stockholm
Fig. 2. Intermédiaire entre le Gneiss et l'Amas ferrifère à Langsöe près Arendal.
Fig. 3. Amas ferrifère de Thorbjörnsböe près Arendal. Coupe verticale.
Fig. 4. Amas ferrifère près Arendal. Plan.
Petits filons granitiques de l'Amas de Barboe près Arendal. Fig. 5, 6 et 7.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Amas de fer oxidulé dans Solberg près Naes Norvège (Fig 8 et 8 bis)
Fig. 8. Coupe verticale.
Fig. 8 bis. Forme de la veine i (Fig 8) qui pénètre dans le Gneiss.
Fig. 9. Structure d'un Amas ferrifère du Solberg.
Fig. 10.
m Minerai
J Jaspe rouge
Mines de Nyköping. Île d'Utö. Fig 11 et 12.
Fig. 11. Plan
Fig. 12. Coupe de l'Amas suivant r s
gn Gneiss ordinaire.
g' Gneiss avec grenat, épidote, amphibole, etc.
c Calcaire lamellaire subordonné au gneiss.
g Granite en veine renfermant des minéraux variés.
p Pegmatite passant à la syénite qui renferme le minerai de fer au Solberg (F8 et 9)
m Minerai de fer. (Fer oxidulé magnétique).
Echelle pour les Fig 5, 6 et 7. 0 1 2 3 4 5 mètres
Echelle pour les Fig 11 et 12. 0 10 20 30 40 50 mètres.
Echelle pour la Fig 10. 0 1 2 3 4 décimètres

Lemaitre sc.



Gîtes métallifères de la Suède et de la Norvège
Amas ferrifères de Persberg et Ingshytte. Fig.13 et 13.bis
Fig. 13. Plan.
LAC YNGEN
Fig. 13.bis Coupe suivant la ligne r s du Plan.
Fig. 15. Carte des Amas de fer et de cuivre des environs de Ridarrhitta en Westmanie
Krankberg
Lindberg
District de Hans Urban
Ruisseau
District de Myrback
LAC
Nouveau Bastnaes
Ancien Bastnaes
Carte des Amas ferrifères de Bispberg, Faruberg et Hälleby. (Dalécarlie)
Fig. 14.
Amas de fer oxidulé de Aaserud (Norvège) Fig 16 et 17.
Fig. 16. Coupe verticale.
Fig. 17. Plan.
Amas de fer oxidulé de Narwerud. (Norvège) Fig. 18 et 19.
Fig. 18. Coupe verticale.
Fig. 19. Plan.
Signes conventionnels pour les Fig. 13 à 15.
gn Gneiss.
g' Roche de Grenat et d'Epidote.
Minerai exploitable.
c Calcaire.
Mines de Fer.
Mines de Cuivre.
Les Flèches expriment la direction du Gneiss.
Signes conventionnels pour les Fig. 16 à 19.
s Schiste de transition.
g Granite.
c Calcaire gris de transition.
d Diorite.
Echelle des Fig 13 et 13.bis
100 200 300 400 500 mètres
Echelle des Fig 14 et 15.
100 200 300 400 500 mètres
Lemaitre sc.


Gîtes métallifères de la Suède et de la Norvège.
Amas cuprifère de Fahlun. (Fig. 20 21 22 et 23).
Fig. 21. Coupe verticale suivant la ligne brisée m n du Plan.
Fig. 22. Coupe verticale suivant la ligne p q du Plan.
Fig. 23. Coupe verticale suivant la ligne r u du Plan.
Roche quartzeuse
Roche quartzeuse riche en pyrite de cuivre et en pyrite de fer.
Fig. 20. Plan.
Roche quartzeuse riche en pyrite de cuivre et en pyrite de fer
Mines de Cobalt de Skutterud paroisse de Modum. (Norvège). Fig. 24 et 25.
Fig. 24. Coupe verticale.
Fig. 25. Plan.
Signes conventionnels pour les Fig. 20, 21, 22 et 23.
q Roche quartzeuse.
qm Roche quartzeuse ou le minerai de cuivre est principalement
s Roches talqueuses nommées Skölar.
c Calcaire lamellaire engagé dans les Skölar.
t Trapp
g Granite en masses isolées.
Filons cuprifères.
Puits d'exploitation.
Signes conventionnels pour les Fig. 24 et 25.
m Excavations pour l'exploitation du minerai.
a b, a' b'. Lignes entre lesquelles est comprise la zône métallifère.
c d, c d. Galerie d'écoulement en partie exécutée.
Echelles pour les Fig 20 21 22 et 23.
200 mètres.
100 famman
Echelle pour les Fig. 24 et 25.
1000 mètres.

Lemaître sc.

Gîtes métallifères de la Suède et de la Norvège.

Mines de Plomb et d'Argent de Sahla en Westmanie. Fig. 26 et 27.

Fig. 27. Coupe transversale des Filons.

Fig. 26. Plan des Filons.

Fig. 29. Répartition du minerai d'Argent dans les faldbandes.

Mine du Roi et Mine des Pauvres (Kongens et Armongrube) près Kongsberg. Fig. 30, 31 et 32.

Fig. 31. Coupe longitudinale de la mine des Pauvres.

Fig. 32. Coupe longitudinale de la mine du Roi.

Fig. 30. Coupe transversale des Filons.

Limites de la partie exploitable des Filons

Échelle des Fig. 26 et 27. 100 — 200 mètres

Échelle de la Fig. 28. 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 mètres

Échelle de la Fig. 29. 100 200 300 400 500 mètres

Échelle des Fig. 30, 31 et 32. 100 150 200 mètres

Échelle des Fig. 33, 34 et 35. 10 20 30 40 50 60 mètres.

Amas de minerai de fer de Nyang, paroisse de Thorsäcker. Fig. 33, 34 et 35.

Fig. 33. Plan.

Coupes transversales.

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 28. Carte du District argentifère de Kongsberg.

Laagen rivière

Jondal ruisseau

Kongsberg

Kobberberg ruisseau

Dal ruis.

Signes conventionnels de la Fig. 28.

Faldbandes.

K. Mines du Roi et des Pauvres.

f — Filons de Sahla. (Fig. 26 et 27)

s — Roche talqueuse qui traverse le calcaire.

Lits de hälleflinta

g — Gneiss. (Fig. 29)

g″ — Faldbandes.

a — Parties argentifères du filon f. (Fig. 29)

f′ f″ f‴ — Ramifications des filons. (Fig. 30).

g — Gneiss. (Fig. 33).

Calcaire.

Minerai mélangé de grenat et d'épidote.

Roche syenitique.

t — Trapp.

Lemaitre sc.